



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Mecánica

**“VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN MOTOR A12, AL
IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA
MPFI”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico Automotriz**

Autores:

Gualán Sozoranga Pablo Marcelo

Ordóñez Ordóñez Jorge Geovanny

Director:

Ing. Pablo David Segarra Coello

Cuenca – Ecuador
Julio del 2012

DEDICATORIA

A mis Padres y hermanos quienes siempre me ayudaron de manera incondicional, en especial a mí Madre y a mi hermano LAGS quienes siempre estuvieron brindándome su apoyo durante todo este proceso de profesionalización.

Con mucho amor y gratitud, a mi esposa Diana y a mí adorado hijo Alexander, por ser ellos mi inspiración y motivación en cada momento, para que este proyecto tenga éxito.

Pablo M. Gualán S.

A mi familia que siempre estuvo brindándome su apoyo incondicional en especial a mi padre quien fue mi modelo a seguir y pilar fundamental para conseguir esta meta tan importante en mi vida.

Con amor y gratitud a mi esposa e hija quienes con toda su paciencia me apoyaron a cada instante.

Jorge G. Ordóñez O.

AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos brindado sabiduría y salud. A la Universidad del Azuay, principalmente a quienes conforman la Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, por haber permitido formarnos como profesionales. AL Ing. Pablo Segarra, Director de tesis y a los Miembros de nuestro tribunal, por guiarnos y apoyarnos.

De manera especial agradecemos a nuestros padres, familiares y amigos por su apoyo incondicional tanto moral como económico que han hecho posible la realización de este proyecto investigativo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de figuras	x
Índice de tablas	xiv
Índice de anexos	xv
Resumen	xvi
Abstract	xvii
Introducción	1
CAPÍTULO 1: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN A GASOLINA	
1.1. Sistema de Alimentación a Carburador	2
1.1.1. El Carburador	3
1.1.1.1. Componentes de un Carburador Elemental	3
1.1.1.2. Principio de Funcionamiento del Carburador	5
1.1.1.3. Funcionamiento	5
1.2. Sistema de Inyección Electrónica de Combustible MPFI	6
1.2.1. Descripción del Sistema	6
1.2.2. Unidad de Control Electronico (ECU)	7
1.2.2.1. La ROM	8
1.2.2.2. La RAM	8
1.2.2.3. La PROM	9
1.2.2.4. Funciones de la ECU	9
1.2.2.5. ECUS Programable	10
1.2.3. Sensores	11
1.2.3.1. Sensor MAP (Manifold Absolute Pressure)	12
1.2.3.2. Sensor MAF (<i>Mass Air Flow Sensor</i>)	15
1.2.3.3. Sensor IAT (Air Temperature Sensor)	16
1.2.3.4. Sensor CTS o ETC (Coolant Temperature Sensor)	18
1.2.3.5. Sensor TPS (Throttle Position Sensor)	19

1.2.3.6.	Sensor CMP (Camshaft Position Sensor)	20
1.2.3.7.	Sensor CKP (Crankshaft Position Sensor)	22
1.2.3.8.	KNOCK Sensor	23
1.2.3.9.	Sensor de Oxígeno o Sonda Lambda	24
1.2.4.	Componente del Sistema de Alimentación de Combustible	27
1.2.4.1.	Tanque de Combustible	27
1.2.4.2.	Líneas de Combustible	28
1.2.4.3.	Filtro de Combustible	28
1.2.4.4.	Filtro de Aire	29
1.2.4.5.	Colector de Admisión	30
1.2.4.6.	Riel de Inyectores	30
1.2.4.7.	Bomba de Combustible	31
1.2.4.8.	Regulador de Combustible	32
1.2.4.9.	Inyectores	33
1.3.	Comparación de los Sistemas de Alimentación	34
1.3.1.	Análisis comparativo de los dos sistemas	34
1.3.2.	Ventajas de la inyección	35
1.3.2.1.	Consumo reducido	35
1.3.2.2.	Mayor potencia y par	36
1.3.2.3.	Gases de escape menos contaminantes	36
1.3.2.4.	Mejor comportamiento de marcha en caliente y en las transiciones	36
1.4.	Conclusión	36

CAPÍTULO 2: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR A CARBURADOR Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MPFI

2.1.	Características de Construcción del Motor A12	37
2.1.1.	Historia y Evolución de los Motores Nissan	37
2.1.2.	Dimensionado de los Componentes	38
2.1.2.1.	Dimensionado de los Cilindros del Motor	39
2.2.	Pruebas de Funcionamiento del Motor A12	41
2.2.1.	Medición de Compresión en los Cilindros	43
2.2.2.	Prueba de RPMs	44
2.2.3.	Prueba de Consumo de Combustible	45
2.2.4.	Prueba de las Emisiones Contaminantes	46

2.2.5. Prueba de Potencia	47
2.3. Selección de los Elementos de Inyección	47
2.3.1. Computadora Programable	49
2.3.2. Selección de Sensores	50
2.3.2.1. Sensor IAT	51
2.3.2.2. Sensor CTS	52
2.3.2.3. Sensor MAP	52
2.3.2.4. Sensor TPS	53
2.3.2.5. Sensor CKP	53
2.3.2.6. Sensor de Oxígeno	54
2.3.3. Selección de los Componentes del Sistema de Alimentación	55
2.3.3.1. Selección de Inyectores	55
2.3.3.2. Selección de la bomba de gasolina	57
2.3.3.3. Selección de Regulador de Presión	58
2.3.3.4. Selección del Riel de Inyección	58
2.3.3.5. Selección del Múltiple de Admisión	59
2.3.3.6. Cuerpo de Aceleración	59
2.3.4. Selección de Componentes de Encendido	60
2.3.4.1. Rueda Fónica	60
2.3.4.2. Bobina Independientes	60
2.3.4.3. Arnés Eléctrico y Cables de conexión	60
2.4. Conclusión	61

CAPÍTULO 3: CONSTRUCCIÓN Y ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MPFI

3.1. Construcción del Banco-Motor	62
3.2. Montaje de los Componentes en el Motor	64
3.3. Adecuaciones para la Adaptación del Sistema de Inyección MPFI	64
3.3.1. Adecuación de Elementos del Sistemas de Alimentación	65
3.3.1.1. Modificación del Múltiple de Admisión	65
3.3.1.2. Preparación y Adecuaciones del Riel de Inyectores	65
3.3.1.3. Adaptación del Cuerpo de Aceleración	65
3.3.1.4. Adecuación del Tanque de Combustible	66
3.3.1.5. Adaptación de la Bomba de Combustible y Regulador de Presión en el Tanque de Combustible	66

3.3.2. Adecuaciones en el Motor para el Alojamiento de Sensores	67
3.3.2.1. Adecuaciones para el Alojamiento del Sensor CKP	67
3.3.3. Adecuaciones del Sistema de Encendido	69
3.3.3.1. Adecuaciones para la Instalación de la Bobina de Encendido	69
3.4. Adaptación de los Elementos de Inyección en el Motor	69
3.4.1. Adaptación del Sistema de Alimentación	69
3.4.1.1. Adaptación del Cuerpo de Alimentación	69
3.4.1.2. Ubicación del Tanque de Combustible en el Banco Motor	71
3.4.2. Adaptación de Sensores en el Motor	71
3.4.2.1. La adaptación del Sensor CKP	71
3.4.2.2. Adaptación del Sensor CTS	72
3.4.2.3. Adaptación del Sensor IAT	72
3.4.2.4. Adaptación del Sensor de Oxígeno o Sonda Lambda	73
3.4.2.5. Adaptación del Sensor TPS	73
3.4.3. Adaptación del Sistema de Encendido	74
3.5. Programación de Hardware e Instalación del Sistema de Control	74
3.6. Instalación del Arnés Eléctrico de la ECU con los Elementos de Inyección.	76
3.6.1. Instalación de Sensores	79
3.6.1.1. Sensor IAT	79
3.6.1.2. Sensor CTS	79
3.6.1.3. Sensor TPS	80
3.6.1.4. Sensor CKP	80
3.6.1.5. Sensor Lambda	81
3.6.1.6. Sensor MAP	81
3.6.2. Instalación de Inyectores	82
3.6.3. Instalación de Bobinas de Encendido	82
3.6.4. Instalación de la Bomba de Combustible	83
3.6.5. Alimentación de la ECU	83
3.6.6. Instalación del Tablero de Instrumentos e Indicadores	84
3.6.6.1. Instalación de Indicadores	84
3.7. Conclusión	87

CAPÍTULO 4: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1. Puesta a Punto del Motor	88
4.1.1. Programación de la ECU con los Componentes de Inyección	88
4.1.1.1. Instalación del Software Tuner Estudio	88
4.1.1.2. Enlace o conexión con la ECU Megasquirt	89
4.1.1.3. Creación de un Nuevo Proyecto	90
4.1.2. Configuraciones Básicas del Sistema de Inyección	92
4.1.3. Encendido del Motor	96
4.1.4. Calibración y Programación de Sensores	96
4.1.4.1. Calibración del TPS	96
4.1.4.2. Calibración de Sensores de Temperatura de Aire y Refrigerante (IAT Y CTS)	97
4.1.4.3. Calibración del Sensor de Oxígeno	97
4.1.4.4. Calibración de los Sensores MAP y CKP	98
4.1.5. Tablas y Mapas de Ajuste de Inyección	98
4.1.5.1. Tabla de AFR (relación de aire combustible)	98
4.1.5.2. Mapa AFR (relación de aire combustible)	99
4.1.5.3. Tabla y Mapa de Volumen de Eficiencia (VE)	100
4.1.5.4. Tabla y Mapa de Encendido	101
4.2. Pruebas de Funcionamiento de Los Elementos de la Inyección MPFI	102
4.2.1. Prueba de Funcionamiento de Sensores	103
4.2.1.1. Prueba de Funcionamiento del MAP	103
4.2.1.2. Prueba de Funcionamiento del Sensor IAT Y CTS	104
4.2.1.3. Prueba de Funcionamiento del Sensor TPS	104
4.2.1.4. Prueba de Funcionamiento del Sensor Lambda	105
4.2.1.5. Prueba de Funcionamiento del Sensor CKP	105
4.2.2. Pruebas de Funcionamiento de Inyectores	106
4.2.3. Indicadores de Encendido	106
4.3. Pruebas de Rendimiento del Motor con el Sistema de Alimentación MPFI	107
4.3.1. Prueba de RPMs	108
4.3.2. Prueba de Emisiones Contaminantes	108
4.3.3. Prueba de Consumo de Combustible	109
4.3.4. Prueba de Potencia	110

4.4. Conclusión	112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	113
BIBLIOGRAFÍA	118
ANEXOS	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Componentes del sistema de alimentación a carburador	2
Figura 1.2: Carburador elemental	3
Figura 1.3: Componentes de un carburador	4
Figura 1.4: Esquema Principio de funcionamiento del carburador	5
Figura 1.5: Depresión en las diferentes condiciones de funcionamiento	6
Figura 1.6: Esquema del sistema de inyección MPFI	7
Figura 1.7: Estructura interna de la ECU del vehículo	8
Figura 1.8: forma de un sensor MAP	12
Figura 1.9: Ubicación del MAP	13
Figura 1.10: Elementos del MAP	14
Figura 1.11: Esquema de la ubicación y funcionamiento del MAP	14
Figura 1.12: Forma y diseño del MAF	15
Figura 1.13: Ubicación del MAF	15
Figura 1.14: Sensor IAT	16
Figura 1.15: Ubicación del sensor IAT	17
Figura 1.16: Sensor de resistencia negativa	17
Figura 1.17: Curva del termistor NTC	18
Figura 1.18: Sensor CTS	18
Figura 1.19: Ubicación del sensor CTS en el motor	19
Figura 1.20: Sensor de temperatura del refrigerante	19
Figura 1.21: Sensor TPS	19
Figura 1.22: Ubicación Sensor TPS	20
Figura 1.23: Sensor CMP	20
Figura 1.24: Ubicación Sensor CMP	21
Figura 1.25: Sensor CKP	22
Figura 1.26: Ubicación del Sensor CKP	22
Figura 1.27: Ubicación del Sensor de Golpeteo	24
Figura 1.28: Ubicación del Sensor de Oxígeno	25
Figura 1.29: Tanque de Combustible	27
Figura 1.30: Líneas de Combustible	28
Figura 1.31: Partes del Filtro de Combustible	28
Figura 1.32: Filtro de aire tradicional	29
Figura 1.33: Filtro de Alto Flujo	30

Figura 1.34: Colector o Múltiple de Admisión	30
Figura 1.35: Rieles de Inyectores	30
Figura 1.36: Bomba de Combustible	31
Figura 1.37: Regulador de Combustible	32
Figura 1.38: Partes del Regulador de Combustible	32
Figura 1.39: Forma de un inyector	33
Figura 1.40: Partes del Inyector	34
Figura 2.1: Medición del diámetro interior “D”	40
Figura 2.2: Medición de la carrera “L”	40
Figura 2.3: Puesta a punto del motor	43
Figura 2.4: Medición de compresión	44
Figura 2.5: Medición de rpms	45
Figura 2.6: Prueba de consumo de combustible	46
Figura 2.7: Prueba de emisiones contaminantes	46
Figura 2.8: ECU Megasquirt	49
Figura 2.9: Sensor IAT (General Motors)	51
Figura 2.10: Sensor CTS (General Motors)	52
Figura 2.11: Sensor MAP	53
Figura 2.12: Sensor TPS (Toyota Yaris)	53
Figura 2.13: Sensor CKP (Hyundai Getz)	53
Figura 2.14: Sensor de oxígeno	54
Figura 2.15: Inyectores seleccionados para la adaptación del Sistema MPFI	55
Figura 2.16: Bomba de Inmersión Bosch	57
Figura 2.17: Regulador de presión mecánico	58
Figura 2.18: Riel de Inyección que se utilizara	58
Figura 2.19: Múltiple de Admisión Datsun 1200 (mecanizado)	59
Figura 2.20: Cuerpo de aceleración (Toyota Yaris)	59
Figura 2.21: Rueda Fónica de 60-2 dientes	60
Figura 2.22: Bobinas independientes	60
Figura 3.1: Banco del motor	62
Figura 3.2: Materiales del banco-motor	63
Figura 3.3: Montaje del motor y sus componentes	64
Figura 3.4: Desmontaje de elementos del motor	64
Figura 3.5: Modificación del múltiple de admisión	65
Figura 3.6: Adecuación del riel de inyectores	65
Figura 3.7: Soporte para la adaptación del cuerpo de aceleración	66
Figura 3.8: Construcción del tanque de combustible	66

Figura 3.9: Adaptación de la bomba de combustible	67
Figura 3.10: Adaptación de la bomba y regulador de combustible	67
Figura 3.11: Adaptación de la rueda fónica	68
Figura 3.12: Limpieza y pintado de los componentes a adaptar	69
Figura 3.13: Ensamble de inyectores en el múltiple	70
Figura 3.14: Ensamble de inyectores y riel en el múltiple	70
Figura 3.15: Cuerpo de alimentación ensamblado	70
Figura 3.16: Adaptación del Cuerpo de alimentación en el motor	71
Figura 3.17: Adaptación del tanque de combustible	71
Figura 3.18: Adaptación del sensor CKP en el motor	72
Figura 3.19: Adaptación sensor CTS	71
Figura 3.20: Adaptación sensor IAT	73
Figura 3.21: Adaptación sensor de oxígeno	73
Figura 3.22: Adaptación sensor TPS	74
Figura 3.23: Acople de la bobina de encendido	74
Figura 3.24: Pruebas de funcionamiento y reglaje del sensor CKP	75
Figura 3.25: Adecuaciones del hardware de la ECU	76
Figura 3.26: Terminales de conexión	76
Figura 3.27: Arnés eléctrico	77
Figura 3.28: Diagrama de instalación megasquirt	77
Figura 3.29: Diagrama de conexiones eléctricas	78
Figura 3.30: Instalación relés y fusibles	79
Figura 3.31: Circuito del sensor IAT y sus voltajes de señal	79
Figura 3.32: Circuito del Sensor CTS	80
Figura 3.33: Circuito del Sensor TPS	80
Figura 3.34: Circuito del Sensor CKP	81
Figura 3.35: Circuito y Curva de funcionamiento del Sensor de Oxígeno	81
Figura 3.36: Instalación del señor MAP	82
Figura 3.37: Circuito de conexión de un inyector	82
Figura 3.38: Conexiones eléctricas	83
Figura 3.39: Tablero de mandos	84
Figura 3.40: Tacómetro de rpms	84
Figura 3.41: Indicador de temperatura del motor	85
Figura 3.42: Indicador de aceite	85
Figura 3.43: Swich de encendido	86
Figura 3.44: Mando de aceleración	86
Figura 3.45: Tablero con todos los mandos	87

Figura 3.46: Motor con el sistema de inyección	87
Figura 4.1: Ventana principal del Tuner Estudio	89
Figura 4.2: Selección de idioma del Tuner Estudio	89
Figura 4.3: Venta para establecer conexión con la ECU	90
Figura 4.4: Creación de un nuevo proyecto	90
Figura 4.5: Ventana para describir el proyecto	91
Figura 4.6: Ventana para seleccionar parámetros de sensores	91
Figura 4.7: Formas y tipos de indicadores de funcionamiento del motor	92
Figura 4.8: Configuraciones del motor	93
Figura 4.9: Cálculo del requerimiento de combustible	93
Figura 4.10: Gráfico de opciones de encendido	94
Figura 4.11: Configuración de rueda fónica	94
Figura 4.12: Características del inyector	95
Figura 4.13: Calibración de sensores	96
Figura 4.14: Ajuste del TPS	96
Figura 4.15: Ajuste de sensores de temperatura	97
Figura 4.16: Ajuste del sensor de oxígeno	98
Figura 4.17: Tabla de reglaje de lambda	99
Figura 4.18: Mapa de reglaje de lambda	100
Figura 4.19: Tabla de reglaje de volumen de eficiencia	100
Figura 4.20: Mapa de reglaje de volumen de eficiencia	101
Figura 4.21: Tabla de reglaje de adelanto al encendido	101
Figura 4.22: Mapa de reglaje de adelanto al encendido	102
Figura 4.23: Venta para seleccionar indicadores	103
Figura 4.24: Indicador del sensor MAP	104
Figura 4.25: Indicadores de temperatura del motor	104
Figura 4.26: Indicador de posición de la mariposa	105
Figura 4.27: Indicador del sensor lambda	105
Figura 4.28: Indicador de rpms del motor	106
Figura 4.29: Indicadores de inyección	106
Figura 4.30: Indicadores de encendido	107
Figura 4.31: osciloscopio del funcionamiento de elementos de inyección	107
Figura 4.32: Pruebas de rpms	108
Figura 4.33: Pruebas de emisiones contaminantes	109
Figura 4.34: Pruebas de consumo de combustible	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: ficha técnica motor Nissan A12	39
Tabla 2.2: Compresión en los cilindros del motor	44
Tabla 2.3: Gases emitidos por el motor a carburador	47
Tabla 2.4: Análisis de Costos	49
Tabla 2.5: Conversión de unidades	56
Tabla 4.1: Resultados de emisiones contaminantes	109

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Resultados de las Pruebas de Emisiones Contaminantes del Motor a Carburador.	124
Anexo 2: Resultados de las Pruebas de Emisiones Contaminantes del Motor a Inyección.	125
Anexo 3: Corporación para el Mejoramiento del Aire de Cuenca.	126
Anexo 4: Corporación para el Mejoramiento del Aire de Cuenca.	127
Anexo 5: Características de la moto Suzuki 1000	128

06/07/12

“VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN MOTOR A12, AL IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MPFI”

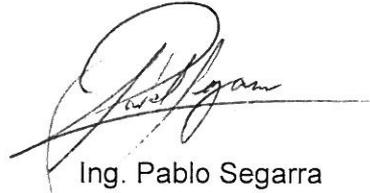
RESUMEN.

La finalidad del proyecto, fue implementar un sistema de inyección electrónico MPFI en un motor A12 a carburador, para variar su rendimiento disminuyendo el consumo de combustible, aumentando la potencia y lo más importante reduciendo al máximo la emisión de gases nocivos para el medio ambiente. El trabajo se basó en un estudio teórico para luego proceder a la parte práctica que fue la implementación del sistema de inyección electrónico. Éste sistema comprendió: La Unidad de Control Electrónico Programable (ECU), sensores encargados de proporcionar información a la ECU y finalmente los actuadores que serán los encargados de recibir órdenes de la Unidad de Control. Ésta adaptación tecnológica permitió incrementar al rendimiento y potencia del motor disminuyendo el nivel de emisiones y el consumo.

Palabras claves: implementación, inyección, sensores, MPFI, carburador, rendimiento, ECU



Ing. Mauricio Barros
MIEMBRO DE LA JUNTA ACADÉMICA



Ing. Pablo Segarra
DIRECTOR DE TESIS



Pablo Gualán



Jorge Ordóñez

*Comunidad
0607/12*

“VARIATION IN THE PERFORMANCE OF AN A12 MOTOR
WHILE IMPLEMENTING MPFI ELECTRONIC INJECTION
SYSTEM”

ABSTRACT

The goal of this project was to implement an electronic injection system MPFI in an A12 carburetor engine in order to modify its performance, reduce fuel consumption, increase its power and, what is more important, reduce the emission of environmentally harmful gas to its maximum. The project was based on a theoretical study and continued with the practical aspect, which was the implementation of the electronic injection system. The system consisted of: The programmable electronic control unit (ECU), sensors in charge of providing information to the ECU, and finally the actuators, which will receive the commands from the Control Unit. This technological adaptation allowed us to enhance the motors performance and power, reducing the levels of emissions and consumption.

Key Words: Implementation, Injection, Sensors, MPFU, Carburetor, Performance, ECU.



Pablo Segarra
Translated by,
Diana Lee Rodas

Ing. Mauricio Barros

MEMBER OF THE BOARD

Pablo Gualán
Pablo Gualán

Ing. Pablo Segarra

THESIS DIRECTOR

Jorge Ordóñez
Jorge Ordóñez

Gualán Sozoranga Pablo Marcelo
Ordóñez Ordóñez Jorge Geovanny
Trabajo de Graduación
Ing. Pablo David Segarra Coello
2012

“VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN MOTOR A12, AL IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MPFI”

Introducción

En la actualidad el avance de la tecnología automotriz ha sustituido en los motores el sistema de alimentación a carburador por la inyección electrónica. Esto debido a que los motores a carburador presentan varias desventajas como: Bajo rendimiento y alto consumo de combustible, ya que la adecuada dosificación de la mezcla no se puede controlar para los diferentes regímenes y condiciones de funcionamiento del motor; alto índice de emisiones contaminantes debido a la mala combustión; además las personas que poseen estos vehículos tienen varios inconvenientes ya que los mismos no cumplen con la normativa de control ambiental.

Son estas las razones que nos conllevaron a desarrollar el presente proyecto, desde la elaboración del banco, selección de los nuevos elementos de inyección, adecuación de los espacios para su posterior montaje y la programación de cada uno de los elementos de inyección en la ECU megasquirt, hasta el análisis comparativo de las pruebas de rendimiento en ambos casos, lo cual servirá para motivar, en este novedoso e ingenioso campo de implementación de un nuevo sistema, a los futuros egresados de la facultad de Ciencia y Tecnología.

Por otro lado cabe mencionar que para la elaboración del presente proyecto las metodologías utilizadas fueron: analítico, sintético, bibliográfico y práctico.

CAPÍTULO 1

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN A GASOLINA

Introducción

En este capítulo se dará una explicación teórica de los sistemas de alimentación de gasolina que utiliza el motor Otto de cuatro tiempos para realizar su trabajo, como son: el Sistema de alimentación a carburador y el Sistema de alimentación electrónica MPFI, así mismo abordaremos sobre los elementos utilizados en cada uno de los sistemas.

1.1 Sistema de Alimentación a Carburador

Está compuesto de algunos elementos, el principal de ellos es el carburador, éste se encuentra ubicado en la parte superior del motor sobre el múltiple de admisión, el mismo que para su funcionamiento necesita de la intervención de otros elementos expuestos a continuación:

- Depósito de combustible.
- Bomba de combustible
- Cañerías.
- Carburador
- Filtro del aire

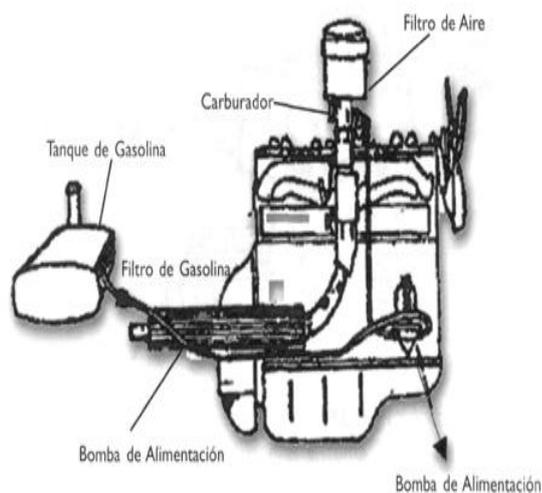


Figura 1.1: Componentes del sistema de alimentación a carburador.

Fuente: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ciencias/sena/mecanica/gas-preconversion-vehiculos/imagenes/10.jpg>

1.1.1 El Carburador

Este dispositivo tiene por objeto dosificar la mezcla aire-combustible en una correcta proporción, en los diferentes regímenes de funcionamiento del motor, basándose para ello en el efecto Venturi, el cual consiste en que toda corriente de aire que pasa por una canalización, provoca una depresión (succión) la misma que es aprovechada para arrastrar el combustible almacenado en la cuba del propio carburador a los cilindros del motor.

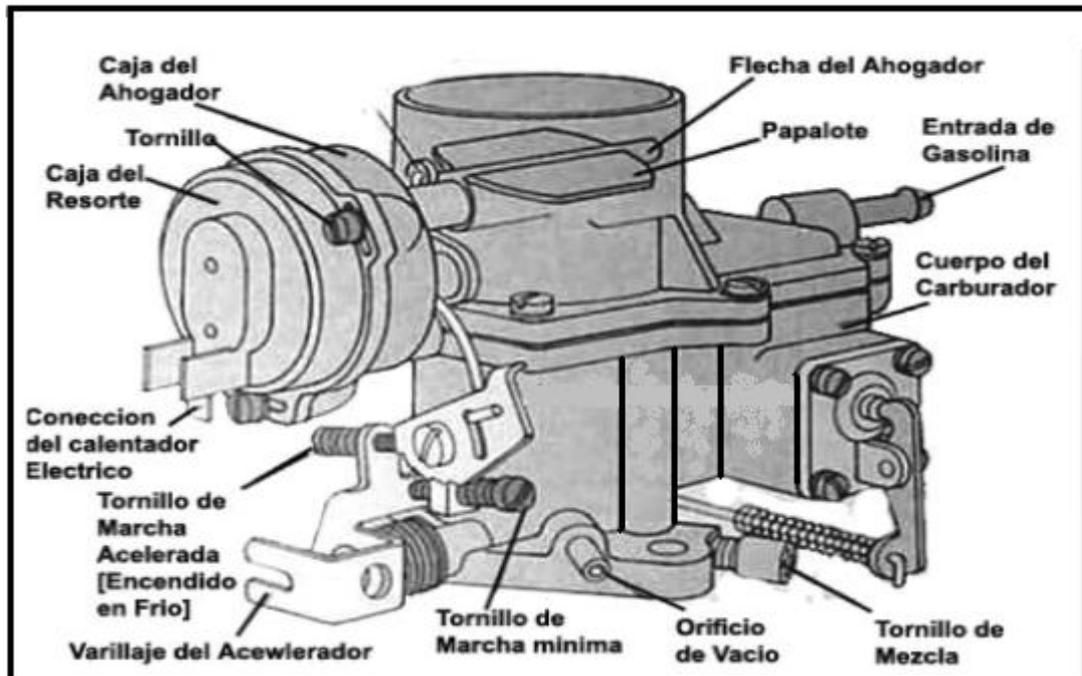


Figura 1.2: Carburador elemental.

Fuente: <http://automecanico.com/auto2006/carburador6.html>

1.1.1.1. Componentes de un Carburador Elemental

- **Cuba del carburador.-** Con la ayuda de un flotador mantiene constante el nivel de combustible a la salida del surtidor.
- **Surtidor.-** O tubo calibrado, situado en el interior de la canalización de aire del carburador. Tiene la misión de dosificar la cantidad de combustible que puede salir a través del mismo, en función de la succión creada en el difusor.
- **Colector de aire y difusor (Venturi).-** Éste forma parte del cuerpo del carburador y comunica por un lado al colector de admisión del motor y por el

otro al filtro del aire. En el colector se ha diseñado el difusor o Venturi que es simplemente una disminución de la sección de la canalización, cuya misión es incrementar la velocidad del aire, manteniendo constante el caudal que pasa por esa zona, para obtener de esa manera el vacío necesario y permitir la afluencia del combustible por el surtidor.

- **Válvula de mariposa:** Mediante ésta, que es accionada por el conductor a través de un sistema de pedal y cable de tracción, se logra variar el paso de aire y consecuentemente la mezcla aire-combustible, determinándose así el llenado de los cilindros.

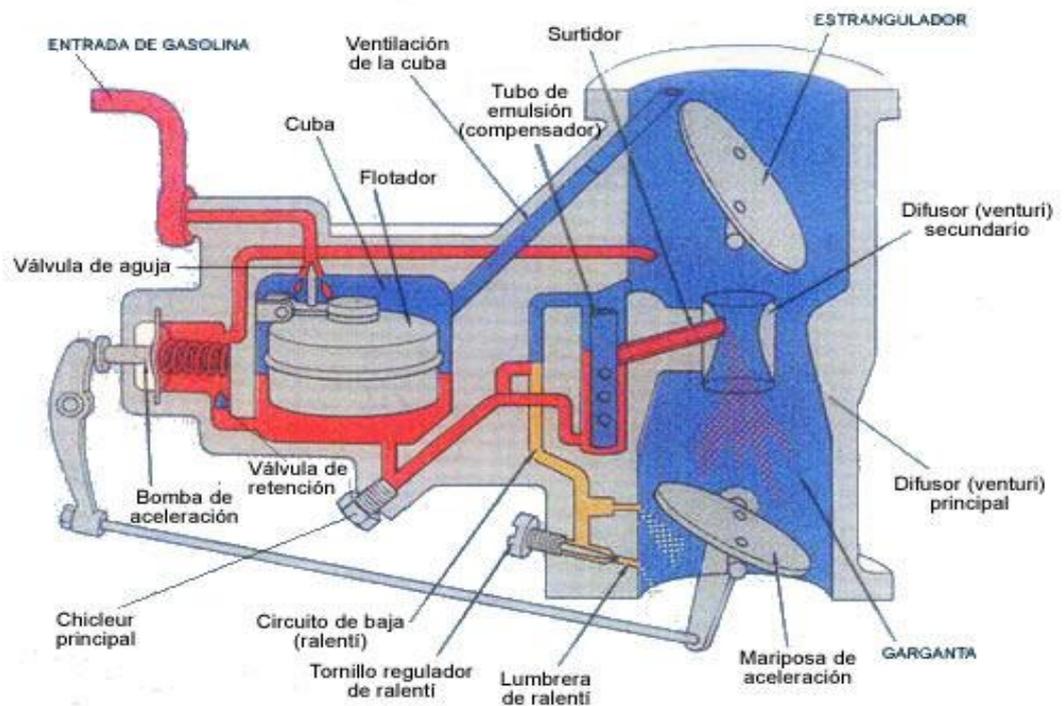


Figura1.3: Componentes de un carburador.

Fuente: <http://www.naikontuning.com/mecanica/alimentacion-gasolina/carburador/>

A más de los componentes antes mencionados el carburador requiere otros dispositivos que le ayudarán a una corrección automática de la mezcla para las diferentes condiciones de funcionamiento del motor. Éstos son:

- Un sistema de funcionamiento para marcha normal
- Un circuito que proporciona la cantidad de combustible necesario para el funcionamiento del motor a bajas revoluciones (ralentí).

- Un sistema automático corrector de mezclas, formado por el circuito compensador de aire, para que a bajas y altas revoluciones del motor la dosificación de la mezcla se mantenga igual a la dosificación teórica.
- Un circuito economizador de combustible
- Un circuito enriquecedor de mezcla (bomba de aceleración)
- Un dispositivo para el arranque del motor en frío.

1.1.1.2 Principio de funcionamiento del Carburador

Al ser un carburador un elemento mecánico todo su funcionamiento se basa en la depresión que crean los pistones del motor en su carrera de bajada hacia el PMI.

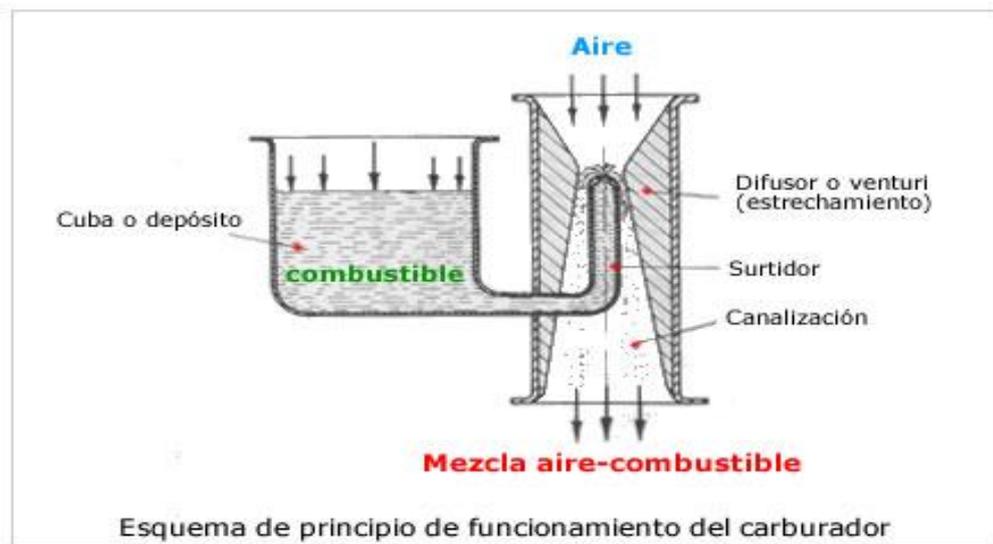


Figura1.4: Esquema Principio de funcionamiento del carburador.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>

1.1.1.3 Funcionamiento.- Cuando el motor está apagado la presión es igual a la atmosférica en todos los puntos; cuando el motor se pone en marcha, el émbolo desciende desde el PMS al PMI en el tiempo de admisión causando un vacío elevado en la cámara de combustión, el mismo que es comunicado a través del múltiple de admisión hacia el carburador y finalmente hacia la atmósfera, provocando de esa manera el ingreso de aire por el difusor, el cual al aumentar la velocidad crea una diferencia de presiones entre el nivel de la cuba y la boca del surtidor, en virtud del cual el combustible fluye en estado pulverizado para mezclarse con el aire en la proporción correcta para posteriormente combustionarse en la cámara del motor.

Cuando la mariposa está cerrada la depresión no se comunica al exterior, siendo ésta muy pequeña por encima de la mariposa, en tanto que por debajo de ella la

depresión será muy elevada alcanzando valores que estriban entre 600 y 800 gr/cm², como se ilustra en la figura 1.5.

Según se vaya abriendo la mariposa, la depresión que se transmite al área del difusor será mayor, y por ende el caudal de aire será mayor gracias a esta diferencia de presiones, permitiéndose de esta manera succionar mayor cantidad de combustible del surtidor hacia la cámara de combustión.

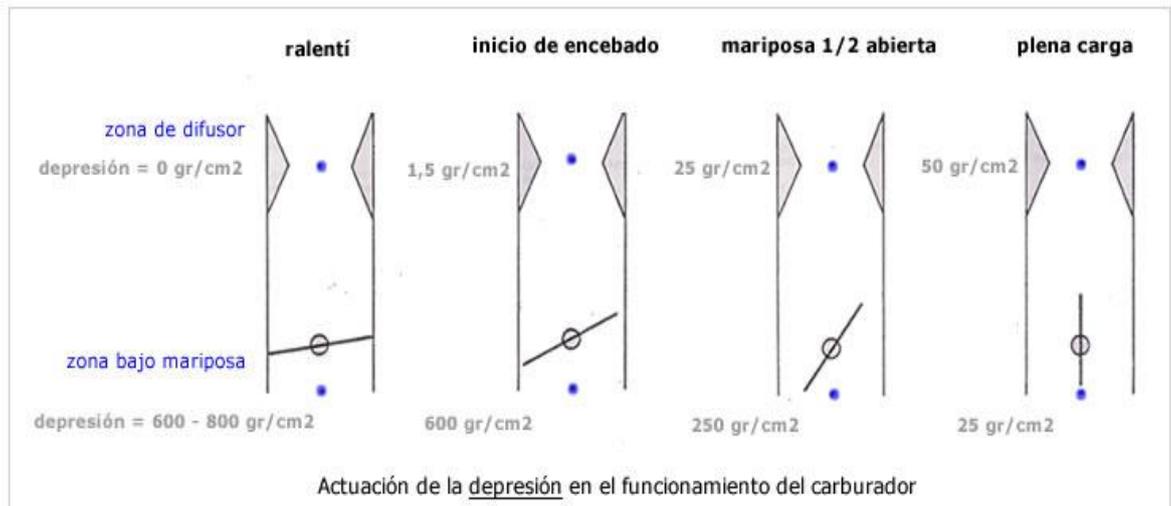


Figura1.5: Depresión en las diferentes condiciones de funcionamiento.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>

1.2. Sistema de Inyección Electrónica de Combustible MPFI

Los sistemas de inyección electrónica surgieron para sustituir al antiguo dispositivo llamado carburador en los motores a gasolina, el sistema MPFI es el resultado de las mejoras de varios sistemas de inyección electrónica.

1.2.1. Descripción del Sistema

Este sistema emplea un inyector para cada cilindro y ubicado en lo más cerca posible a la válvula de admisión.

1. Combustible
2. Aire
3. Válvula mariposa
4. Conductos de Admisión
5. Inyector
6. Motor

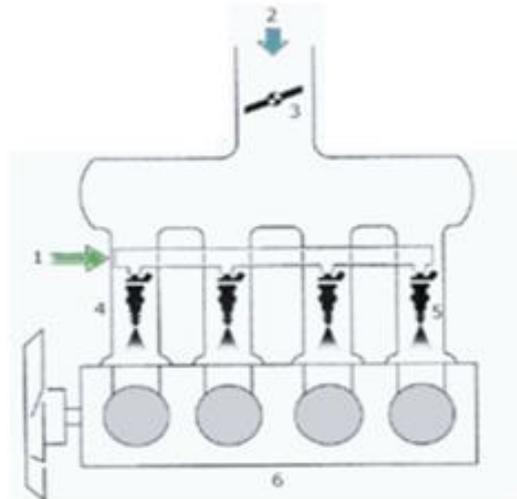


Figura 1.6: Esquema del sistema de inyección MPFI.

Fuente: <http://mecatronic-mecatronica.blogspot.com/>

Las siglas MPFI quieren decir "sistema multipuntos de inyección electrónica" es decir si un motor consta de cuatro cilindros llevara 4 inyectores, si tiene 6 cilindros llevara 6 inyectores y así sucesivamente.

Tiene una mejor capacidad con respecto al carburador para dosificar el combustible y crea una mezcla aire /combustible muy cercana a la estequiometria (14,7/1), esto significa que la combustión total de 1 gramo de gasolina se consigue con 14,7 gramos de aire.

El sistema MPFI consta principalmente de una unidad de control electrónico, sensores y actuadores.

1.2.2 Unidad de Control Electronico (ECU)

La unidad de control tiene como función controlar y regular el comportamiento del motor, para este fin utiliza las señales que recibe de los sensores, las evalúa y regula las señales de activación para los elementos actuadores, la ECU es conocida también como: ECC, ECM, ECCS, CPU, etc.

El programa de control está almacenado en la memoria y de la ejecución del programa se encarga un microcontrolador.



Figura 1.7: Estructura interna de la ECU del vehículo.
Fuente: <http://www.oocities.com/mecanicoweb/12.htm>

La ECU utiliza microprocesadores para reunir información, procesarla y enviar señales para que activen los diferentes circuitos actuadores. Los tres procesadores principales son:

- La ROM (programa básico de computadora)
- La RAM (memoria temporal)
- La PROM (programa de sintonía fina)

Estos tres microprocesadores son el corazón de la ECU.

1.2.2.1 La ROM (Read Only Memory)

Esta memoria es únicamente de lectura, es una parte de la ECU que contiene el programa fijo o software. Esta es la sección que dice: “cuando veo que esto sucede, tengo que hacerlo que suceda”. El microprocesador que contiene estas instrucciones de la ROM es un chip no volátil. Esto significa que el programa diseñado en él, no se puede borrar al desconectar la energía.

1.2.2.2 La RAM (Random Access Memory)

Es la memoria de lectura y escritura, ésta tiene tres funciones principales en la ECU. La primera función actúa como la libreta de apuntes, siempre que se necesite hacer un cálculo matemático, interviene la RAM. La segunda función es almacenar información en el sistema multiplicador de aprendizaje a bloques (BLM) cuando el motor está apagado o funciona en lazo abierto. La tercera función es almacenar los códigos de diagnóstico cuando se ha detectado una falla del sistema. Estos códigos

son almacenados por cincuenta re-arranques del motor o hasta que la potencia de la batería se retira del ECU. A diferencia de la ROM y PROM, los chips del RAM son memorias volátiles.

1.2.2.3 La PROM

Es una memoria programable que sirve solo para leer, funciona en conjunto con la ROM para realizar el ajuste fino de la cantidad de combustible y del tiempo de encendido. La PROM es una memoria no volátil y contiene la información acerca del tamaño del motor, tipo de transmisión, resistencia de rodamiento, coeficiente de arrastre y relación final de tracción.

1.2.2.4 Funciones de la ECU

- **Control de la inyección de combustible.**- La ECU determina la cantidad de combustible que se inyecta basándose en un cierto número de parámetros que se indican a continuación.
Si el acelerador está presionado a fondo, la ECU inyectará más combustible según la cantidad de aire que esté pasando al motor.
Si el motor no ha alcanzado la temperatura suficiente, la cantidad de combustible inyectado será mayor (haciendo que la mezcla sea más rica hasta que el motor esté caliente).
Sin embargo la ECU proporciona un control más minucioso. Por ejemplo, se utiliza un sistema de control de aprendizaje para mantener en todo momento una proporción óptima de mezcla en ralentí.
- **Control del tiempo de inyección.**- Un motor necesita para iniciar la combustión una chispa en la cámara de combustión. La ECU puede ajustar el tiempo exacto de la chispa (llamado tiempo de ignición) para proveer una mejor potencia y un menor gasto de combustible.
Si la ECU detecta un cascabeleo y analiza que esto se debe a que el tiempo de ignición se está adelantando al momento de la compresión, la ECU retardará el tiempo en el que se produce la chispa para prevenir esta irregularidad.
- **Control de la distribución de válvulas.**- Algunos motores poseen distribución de válvulas. En estos motores la ECU controla el tiempo en el

ciclo del motor en el que las válvulas se deben abrir. Las válvulas se abren normalmente más tarde a mayores velocidades que a menores velocidades. Esto puede optimizar el flujo de aire que entra en el cilindro, incrementando la potencia y evitando la mala combustión de combustible.

- **Control bomba de combustible.-** La ECU controla, el voltaje aplicado a la bomba de combustible, este reduce el voltaje aplicado a la bomba de combustible para así reducir el ruido de la bomba de combustible y el consumo de energía eléctrica en ralentí.
- **Auto-Diagnostico.-** Verifica si los sistemas de señales de entrada y de salida hacia y desde la unidad de control son normales.
- **Control de régimen de marcha en vacío.-** Recibe señales de diversos sensores y regula el motor a régimen de marcha en vacío óptimo de acuerdo a la carga del motor.
- **Control Ralentí.-** Aumenta el régimen de marcha en vacío cuando el voltaje de la batería es bajo, o cuando hay muchos interruptores de carga accionados.
- **Control regulador de presión.-** Aumenta temporalmente la presión de combustible cuando se pone en marcha el motor con elevada temperatura de refrigerante. Existe otro módulo además de la unidad de control.

1.2.2.5 ECUS Programables

El mejoramiento de los elementos de preparación de motores como: cuerpos individuales de mariposa, sistemas turbo, etc. sumado la facilidad con la que se puede acceder a los mismos por parte de usuarios no profesionales, vio rápidamente disminuidas las capacidades de las ECU originales. Pues una mejor opción es utilizar una ECU programable, que permita a más de un ajuste más fino de los parámetros tradicionales del motor como: avance del tiempo de encendido, pulso de inyección de combustible, etc., otras opciones extras.

Es así que una ECU programable es requerida en la actualidad para preparar motores, cosa que no se puede lograr con una original. Éstas ECU pueden ser

programadas (mapeadas) con la ayuda de un ordenador portátil y un cable USB, mientras el motor está en funcionamiento.

Otros parámetros que pueden regularse mediante la ECU son:

- **Límite de revoluciones.**- Establece el máximo número de RPM que el motor puede alcanzar, pasado este valor, se corta el suministro de combustible.
- **Ignición.**- Determina el momento en que la bujía debe disparar la chispa en el cilindro.
- **Alimentación de combustible temporal.**- Cuando recibe información sobre el grado de apertura del acelerador, la ECU aporta mayor cantidad de combustible si éste está abierto en su totalidad.
- **Temperatura del agua.**- Cuando el motor está frío suministra mayor cantidad de combustible (estrangulador).
- **Modificador de baja presión en el combustible.**- Recibe una orden de la ECU para incrementar el tiempo de actuación de las bujías compensando de esta manera cuando existe pérdida de presión del combustible.

1.2.3 Sensores

Son dispositivos diseñados para detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, como son: presión, humedad, temperatura, aceleración, inclinación, desplazamiento, fuerza, torsión, etc., para luego transformarlas en variables eléctricas.

Los principales sensores del sistema de inyección electrónica son los siguientes:

- MAP (sensor de presión absoluta del múltiple)
- MAF (sensor de flujo de masa de aire)
- IAT (sensor de temperatura de aire de entrada)
- ECT (sensor de temperatura del refrigerante)
- TPS (sensor de posición de la mariposa de aceleración)
- CMP (sensor de posición del árbol de levas)
- CKP (sensor de posición del cigüeñal)

- KNOCK Sensor (sensor de golpeteo del motor)
- Sensor de oxígeno

A continuación se describe a cada uno de estos sensores.

1.2.3.1 Sensor MAP (Manifold Absolute Pressure). - Este sensor indica la presión absoluta del múltiple de admisión.



Figura 1.8: forma de un sensor MAP.

Fuente : <http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=sensorMap>

- **Función.**- Se encarga de medir los cambios en la presión atmosférica, en el vacío del motor y en el múltiple de admisión, enviando una señal a la ECU para que pueda controlar el tiempo de ignición y ajustar la mezcla de aire combustible en las diferentes condiciones de carga del motor. Este sensor le indica también a la ECU la presión barométrica o sea la altura sobre el nivel del mar.

- **Ubicación.**- El sensor MAP se encuentra en la parte externa del motor después de la mariposa de aceleración, presentándose en algunos casos integrado en la ECU. También pueden llegar a encontrarse directamente alojado sobre el múltiple de admisión.



Figura 1.9 : Ubicación del MAP.

Fuente: <http://www.google.com/friendconnect/scs/images/send.gif>

- **Descripción.-** Su objetivo es enviar una señal proporcional a la presión existente en el múltiple de admisión con respecto a la presión atmosférica, midiendo la presión absoluta existente en el colector de admisión.

Para ello genera una señal que puede ser analógica o digital, reflejando la diferencia entre la presión en el interior del múltiple de admisión y la atmosférica. Podemos encontrar dos diferentes tipos de sensores, por variación de presión y por variación de frecuencia.

- **MAP por variación de frecuencia.-** Este tipo de sensor mide la presión barométrica y la de admisión entregando como resultado la diferencia entre ambas, es decir en definitiva, la presión absoluta.

- **MAP por variación de presión.-** El funcionamiento está basado en una resistencia variable accionada por el vacío creado por la admisión del cilindro .Tiene tres conexiones, una de ellas es la entrada de corriente que provee la alimentación al sistema, una conexión de masa y otra de salida. La conexión de masa se encuentra aproximadamente en el rango de los 0 a 0,06 V, la tensión de entrada es generalmente de unos 5 V, mientras que la de salida varía entre los 0,6 y 4,6 V. Esta última es la encargada de enviar la señal a la ECU.

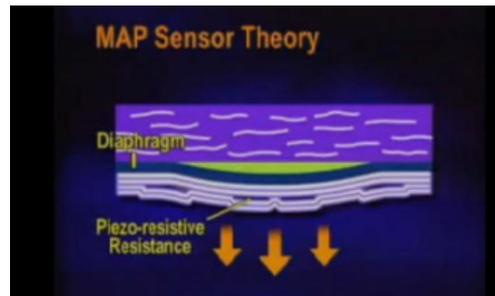


Figura 1.10: Elementos del MAP.

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=GcMqMIDwlmQ>

- **Funcionamiento.**- El funcionamiento del sensor MAP por variación de presión está basado en una resistencia variable. Esta resistencia piezo resistible está localizada en el cuerpo del diafragma del sensor. Al variar la presión en el múltiple de admisión, el diafragma se desplaza provocando que el valor de la resistencia varíe, a si mismo el voltage de salida que el sensor envia a la ECU.

Al forzar el motor se requiere mayor potencia. En éste momento el vacío en el múltiple es muy poco y el MAP da la señal para que la ECU de mayor cantidad de combustible y retrase el tiempo de encendido para que no exista picado ya que la mezcla rica arde rápidamente. Al aumentar el vacío en el múltiple de admisión, el MAP da la señal para que la ECU de menor cantidad de combustible y como la mezcla pobre arde más lentamente la ECU adelanta el tiempo comportándose como un avance de vacío. En una deceleración, el vacío en el múltiple de admisión aumenta considerablemente y en éste momento la ECU recibe la señal para cortar el suministro de combustible y evitar emisión de gases contaminantes.

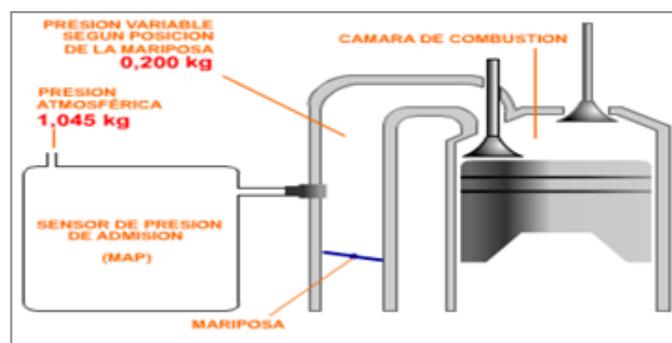


Figura1.11: Esquema de la ubicación y funcionamiento del MAP.

Fuente: <http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=sensorMap>

Control de la ECU según información del MAP

- **En función de la presión barométrica, controla:**
 - Duración del tiempo de encendido.
 - Inyección del combustible.
- **En función del vacío del motor, controla:**
 - Los dos parámetros anteriores más el corte momentáneo de la inyección de combustible en deceleración.

1.2.3.2 Sensor MAF (*Mass Air Flow Sensor*). - Informa sobre el flujo de aire que ingresa al motor.



Figura 1.12: Forma y diseño del MAF.

Fuente: http://www.mecanicadeautos.info/index.php?id=Sensor_MAF_de_Flujo_de_Aire

- **Función.-** El sensor MAF está diseñado para medir el flujo de aire que ingresa al motor, este dato es enviado a la ECU a través de una señal de voltaje que cambia de acuerdo al flujo de aire.

- **Ubicación.-** Se encuentra localizado en el sistema de admisión del vehículo, entre el filtro de aire y la mariposa de aceleración.



Figura1.13: Ubicación del MAF.

Fuente: <http://www.infoautomotriz.blogspot.com>

- **Descripción de su funcionamiento.**- Consiste en una resistencia de platino que recibe un voltaje constante para ser calentado, llegando a alcanzar una temperatura de aproximadamente 200°C con el motor en funcionamiento.

Esta resistencia de platino, se sitúa en la corriente de aire, la misma que varía al producirse un enfriamiento provocado por la circulación del aire aspirado, y por ende también varía la señal que se envía a la ECU.

Esta información le permite a la ECU, proporcionar el volumen de combustible necesario en los diferentes regímenes de giro del motor, de acuerdo al volumen de aire aspirado.

En la actualidad existen dos tipos de sensores: los análogos y los digitales, los primeros producen un voltaje variable y los otros dan señales en forma de frecuencia.

1.2.3.3 Sensor IAT (Air Temperature Sensor). – Mide la temperatura del aire de admisión.



Figura 1.14: Sensor IAT.

Fuente: http://www.mecanicadeautos.info/index.php?id=Sensor_MAF_de_Flujo_de_Aire

- **Función.**- Tiene como función medir la temperatura del aire que ingresa al motor. Esto ayuda a ajustar la mezcla con mayor precisión, si bien este sensor es de los que tiene menor incidencia en la realización de la mezcla así mismo su mal funcionamiento genera fallas en el motor.

- **Ubicación.**- Puede estar ubicado en diferentes partes entre ellas:

- Puede venir integrado en el sensor MAP o MAF formando un solo cuerpo.
- Se encuentra en el ducto de plástico del colector de admisión del aire.
- Localizada en el depurador o filtro de aire.
- En la entrada de la mariposa de aceleración o forma un solo conjunto con el medidor de caudal.



Figura1.15: Ubicación del sensor IAT.

Fuente: <http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=sensorTemperaturaAire>

- **Descripción.**- Es un sensor tipo termistor, existen dos tipos: los de coeficiente negativo (NTC) y de coeficiente positivo (PTC)

- **Termistor NTC.**- Al aumentar la temperatura la resistencia será menor, de ahí que el coeficiente sea negativo.

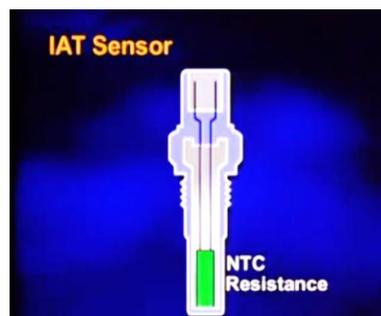


Figura1.16: Sensor de resistencia negativa.

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=GcMqMIDwImQ>

- **Termistor PTC.**-Al aumentar la temperatura aumenta la resistencia, de ahí que el coeficiente será positivo.

El más utilizado es el IAT tipo NTC, cuyo funcionamiento es el siguiente:

De acuerdo a la temperatura del aire que ingresa, se modifica la resistencia del sensor. A medida que va aumentando la temperatura, la resistencia va disminuyendo, lo cual provoca un descenso de la tensión en el sensor. La unidad de control evalúa estos valores de tensión, pues a bajas temperatura los valores de la tensión son altos, mientras que a elevadas temperaturas los valores de la tensión son bajos.

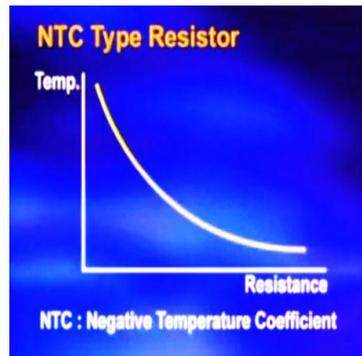


Figura1.17: Curva del termistor NTC.

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=GcMqMIDwImQ>

Gracias a la señal proporcionado por este sensor, la ECU interviene actuando sobre la mezcla aire combustible y la secuencia de encendido.

1.2.3.4 Sensor CTS o ETC (Coolant Temperature Sensor).- Sensor de Temperatura de Refrigerante.



Figura 1.18: Sensor CTS.

Fuente: http://spf.fotolog.com/photo/47/60/105/teamsanantuning/1209657657_f.jpg

- **Función.**- Informar a la ECU la temperatura del refrigerante del motor a través de una señal de voltaje que varía según cambia el valor resistencia del sensor en función de la temperatura del refrigerante.

- **Ubicación.**- Se encuentra en el circuito del refrigerante, de preferencia, siempre va antes del termostato porque en ese lugar se puede descifrar mucho mejor la temperatura existente en el circuito de refrigerante.



Figura 1.19: Ubicación del sensor CTS en el motor.

- **Descripción.**- De igual forma que el IAT existen de tipo NTC y PTC, el más utilizado es el NTC.

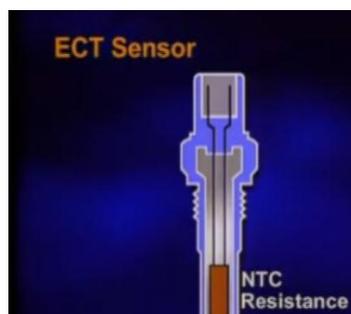


Figura 1.20: Sensor de temperatura del refrigerante.
Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=GcMqMIDwlmQ>

Al igual que en el IAT, la resistencia del sensor CTS disminuye cuando la temperatura del refrigerante se incrementa lo cual se traduce en un decremento de la tensión, por el contrario hay un incremento tanto de la tensión y de la resistencia cuando la temperatura disminuye. Por tanto la ECU evalúa estos valores de tensión y adapta el ángulo de inyección y el tiempo de encendido para las diferentes condiciones de giro del motor.

1.2.3.5 Sensor TPS (Throttle Position Sensor). – Informa la posición de la mariposa de aceleración.



figura1.21: Sensor TPS.

Fuente: http://www.bloghella.com.mx/picture_library/sensores/tps1.jpg

- **Función.**- Detecta la posición (ángulo) y el movimiento de la mariposa de aceleración a través de cambios de voltaje para mandar esta información a la computadora (ECM) y calcular junto con otros datos, la cantidad correcta de combustible que será inyectada al motor.

- **Ubicación.**-El sensor de posición del acelerador se encuentra ubicado en el cuerpo de aceleración, sujeto al eje de la mariposa.



Figura1.22: Ubicación Sensor TPS.

Fuente: http://www.bloghella.com.mx/picture_library/Sensores/tps2.jpg

- **Descripción.**- El más utilizado es el de potenciómetro que consiste en una resistencia alimentada con 5V y que varía linealmente. Esto significa que cuando la mariposa está totalmente abierta la señal será de 5V, cuando ésta se encuentra cerrada la señal será de 0V, con la mariposa en la posición media la tensión será proporcional a la máxima es decir de 2,3V.

Generalmente tiene 3 terminales de conexión, cuando incluyen un switch destinado a la marcha lenta tienen 4 terminales.

1.2.3.6 Sensor CMP (Camshaft Position Sensor). - Sensor de posición del árbol de levas.



Figura1.23: Sensor CMP.

Fuente: <http://www.iftim.cn/EngineSystem/CKP%20CMP%20Sensor.gif>

- **Función:** El CMP por su parte indica a la ECU la posición del árbol de levas para que determine la secuencia adecuada de inyección. Es un generador inductivo, cuyo funcionamiento es muy similar al sensor CKP o en otros casos es un sensor de efecto hall.

- **Ubicación.-** Usualmente se encuentra del lado de la distribución frente a la polea del árbol de levas, frente al otro extremo del árbol de levas, fijado en la tapa de válvulas, o en otros casos se encuentra dentro del distribuidor.

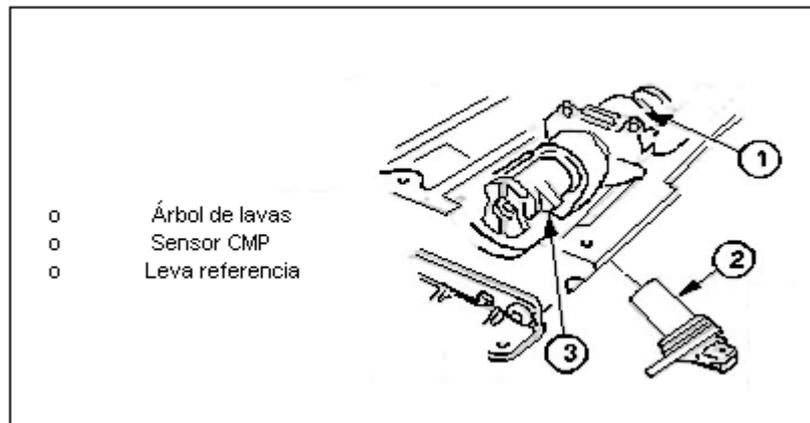


Figura1.24: Ubicación Sensor CMP.

Fuente: <http://automecanico.com/auto2002/GENERALMOTORS.HTML>

- **Descripción.-** existen de tipo inductivo o de efecto hall.

- **El sensor de árbol de levas inductivo.-** Proporciona información a la ECU, que le permita identificar el cilindro número 1, es utilizado en los sistemas de inyección secuencial.

También conocido como sensor de fase que consta de una bobina arrollada sobre un núcleo de imán, produce una señal cada dos vueltas de cigüeñal.

El voltaje producido por el sensor del árbol de levas será determinado por varios factores: la velocidad del motor, la proximidad del rotor de metal al sensor y la fuerza del campo magnético ofrecida por el sensor.

- **Sensor de Posición del Árbol de Levas (Hall).-** Es un sensor de identificación del cilindro, utilizado a veces como referencia para medir el tiempo de la inyección secuencial del combustible. Además este sensor informa a la computadora, la posición exacta de las válvulas. Opera como un Hall-effectswitch, es decir permite que la bobina de encendido genere la chispa de alta tensión, remplazando así la función del distribuidor. La forma de onda de señal puede ser sinusoidal o una onda tipo cuadrada.

Este sensor tiene 3 terminales, uno de alimentación de 12V, el otro para cerrar a masa y el tercero es de señal que oscila entre 0V y 5V.

1.2.3.7 Sensor CKP (Crankshaft Position Sensor). - Sensor de posición del cigüeñal.



Figura 1.25: Sensor CKP.

- **Función.-** Es un detector magnético o de efecto Hall, el cual envía a la ECU información sobre la posición del cigüeñal y las RPM del motor.

- **Ubicación.-** Este sensor se encuentra ubicado a un costado de la polea del cigüeñal ya sea incrustado en el bloque de cilindros, o a un lado de la polea principal, o también en la tapa de la distribución o forma parte del distribuidor.



Figura 1.26: Ubicación del Sensor CKP.

- **Descripción.-** Existe tres tipos, el inductivo, el de efecto hall y el tipo opto-eléctrico.

- **Sensor de Posición del Cigüeñal CKP (Hall).**- El sensor de cigüeñal de tipo hall genera una sola onda cuadrada con tantas señales como cilindros tenga el motor, monitorea la posición del cigüeñal, y envía la señal al módulo de encendido indicando el momento exacto en que cada pistón alcanza el máximo de su recorrido.
Este sensor tiene tres terminales, el de alimentación de 12V, el de masa y el de señal.

- **Sensor de Posición del Cigüeñal CKP (Inductivo).**- El sensor CKP de tipo inductivo genera una onda alterna sinusoidal con una irregularidad cíclica producida por un diente ausente sobre la rueda fónica de excitación montada en el cigüeñal. Consta de una bobina arrollada sobre un núcleo de imán enfrenteado a la rueda dentada o fónica. Esta rueda dentada en la mayoría de los diseños tiene 60 menos 2 dientes, sin embargo también se presentan diseños de 36 menos 1 diente.

Los sensores CKP, tienen solo dos pines de conexión que corresponden a los extremos de la bobina del sensor. Algunos CKP tienen tres cables, el tercero tiene la función de un blindaje a masa, es decir evitar interferencias parásitas del encendido.

- **Sensor tipo Opto-eléctrico CMP y CKP en Distribuidor:**

Este tipo de sensor suele estar ubicado dentro del distribuidor. Proporciona a la ECU señal de rpm y del PMS de los cuatro cilindros. Su medición es similar a la de un sensor efecto hall. Normalmente tiene 4 cables de conexión, uno de alimentación de 5V, el segundo de masa, el tercero, señal de rpm de alta resolución es decir 360 pulsos por vuelta del distribuidor y el cuarto señal del árbol de levas de baja resolución es decir de 4,6 u 8 pulsos por vuelta del distribuidor.

1.2.3.8 KNOCK Sensor.- Sensor de golpeteo del motor.

- **Función.-** Es utilizado para informar a la ECU sobre la detonación del motor y el punto de encendido idóneo, la señal se da solamente si ocurre una detonación.

- **Ubicación.-** Esta alojado en la parte superior del bloque de cilindros, lugar en donde se obtiene la detonación.

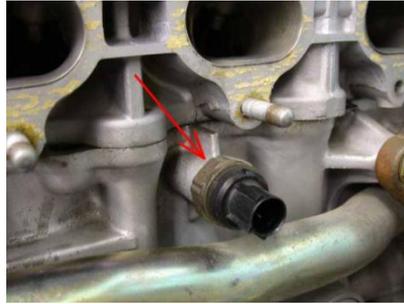


Figura1.27: Ubicación del Sensor de Golpeteo.

Fuente: <http://www.mpatv.com/2009/06/knock-sensorsensor-de-golpeteo-o-llenado/>

- **Descripción** .- Esta construido de un material piezoeléctrico, que tiene la característica de generar una tensión eléctrica con el golpe que detecta, esta tensión es la señal de información a la ECU que le sirve para corregir el punto de encendido retardándolo hasta cesar la señal, para luego adelantarlo nuevamente, y así sucesivamente, garantizando con ello las condiciones exactas de funcionamiento.

Este sensor, trabaja en conjunto con el Sistema de Encendido y logran una perfecta combustión y con ello, mayor potencia del motor, con la menor contaminación de los gases de escape.

1.2.3.9 Sensor de Oxígeno o Sonda Lambda

- **Función.**- Mide la cantidad de oxígeno residual en los gases de escape, en función de esto se emite una señal eléctrica para que la unidad de mando pueda variar la cantidad de combustible inyectado, garantizando una mezcla aire/combustible ideal. Una sonda Lambda en perfectas condiciones garantiza:

- Optimo Rendimiento del motor.
- Ahorro de combustible.
- Reducción de Emisiones.
- Mejor rendimiento del motor.
- Mejor aprovechamiento del combustible.

Este sensor tienen la particularidad de generar corriente, variando el voltaje de salida que va de (0,1 – 0,9) V, de acuerdo a la cantidad de oxígeno residual interpretando como una mezcla rica, o pobre, dando lugar a que la computadora ajuste la mezcla, tratando de equilibrar una mezcla correcta. (14,7 partes de aire por 1 de gasolina).

- **Ubicación.**- Esta ubicado, frecuentemente en el múltiple de escape, o cerca de él.



Figura1.28: Ubicación del Sensor de Oxígeno.

Fuente: <http://www.automotriz.net/tecnica/sensor-de-oxigeno.html>

- **Descripción.**- Para detallar el funcionamiento del sensor de oxígeno debemos primero conocer algunos términos y aspectos técnicos que nos permitirán entender y comprender dicho funcionamiento.

Los motores que utilizan gasolina como combustible mantienen un equilibrio entre, entrega de potencia y generación de gases contaminantes, cuando funcionan con una mezcla estequiométrica ideal de 14,7:1, esta mezcla está dada por la siguiente relación.

- *Relación de mezcla = Peso del combustible / Peso del aire*
- *Expresado en masa: 14,7 kg. de aire por 1kg. de combustible.*
- *Expresado en volumen: 10 000 Litros de aire por 1 Litro de combustible.*

A la proporción 14,7:1 se le denomina LAMBDA 1

Lambda: Es el Índice de relación de aire, expresa en qué punto se encuentra la mezcla en proporción al aire disponible para la combustión, con respecto al aire teórico necesario para una combustión completa.

$$LAMBDA = \frac{\text{masa de aire proporcionado}}{\text{masa de aire necesario}}$$

- *Lambda 1 = mezcla ideal*
- *Lambda mayor a 1 = mezcla pobre*

- *Lambda menor a 1 = mezcla rica.*

Función del Sensor de Oxígeno.- Cuando la gasolina se quema en el cilindro se generan humos de escape; dentro de esos humos hay pocas cantidades de oxígeno que no alcanzaron a consumirse por completo cuando la gasolina se combustionó. Algunas veces esos remanentes de oxígeno serán más, otras veces menos. Pues son precisamente esas variaciones en la concentración de oxígeno en los gases de escape las que el sensor de oxígeno se encarga de monitorear.

Cuando el contenido de oxígeno en los gases de escape es alto, el sensor de oxígeno produce un voltaje mínimo. Por el contrario, cuando el contenido de oxígeno en los gases de escape es bajo, el sensor de oxígeno produce un voltaje máximo.

Acciones de la ECU de acuerdo a la información del Sensor de Oxígeno.-

Dependiendo del contenido de oxígeno en los gases de escape, la ECU puede determinar la cantidad de aire/combustible que está ingresando a los cilindros; si el sensor capta que la mezcla resulta ser "pobre" o mejor dicho, con mucho aire y poco combustible, envía una señal de voltaje bajo con el fin de que la Unidad de Control se encargue de enriquecer la mezcla, es decir, de inyectar más gasolina, si por el contrario, la mezcla resulta ser "rica", o sea, poco aire y mucho combustible, envía una señal de voltaje alto con el fin de que la Unidad de Control se encargue de "empobrecer" la mezcla. Estos ajustes se están realizando de 30 a 40 veces por minuto.

Una "mezcla rica" consume casi todo el oxígeno, entonces la señal de voltaje será "alta", comprendida entre 0,6 – 1,0 Volts. Una "mezcla pobre" tiene más oxígeno disponible luego de que ocurre la combustión, por lo que la señal de voltaje será "baja", comprendido entre 0,1 - 0,4 Volts.

Normalmente, en un sistema "Fuel Injection" no se utiliza la señal del sensor de oxígeno en determinadas condiciones conocidas como operación de ciclo abierto "open loop" tales como:

- **Al arrancar el motor**, hasta que el sensor alcanza su temperatura mínima de operación (300°C) y sea válida la señal de salida.

- **En la condición de “ralentí”**, se dice que, por el poco volumen de gases quemados en ésta condición, la temperatura del sensor no es la adecuada para confiar en su señal de salida.
- **Durante la etapa de aceleración**, se prefiere una mezcla “rica” de gasolina para lograr una mayor potencia.

Tipos de Sonda Lambda.

Puede ser de 2 tipos, según el elemento activo:

- Zirconio.
- Titanio
-

Según el número de cables de conexión:

- Un cable: siendo el único el de color negro que comunica señal a la ECU, y cerrando a masa con la carcasa de la misma.
- Dos cables: El de color negro es señal, el blanco calienta la resistencia, siendo la carcasa la masa de la misma.
- Tres cables: El de color negro es señal, los dos blancos son para calentar la resistencia (+) y (-).
- Cuatro cables: El de color negro es señal, el gris es masa a la ECU, los dos blancos son para alimentar a la resistencia de precalentamiento (+) y (-).

1.2.4 Componente del Sistema de Alimentación de Combustible

1.2.4.1 Tanque de Combustible



Figura1.29: Tanque de Combustible.

Fuente: http://www.fuscanet.com/images/tank_62.jpg

- **Función.-** Sirve de reservorio o depósito de combustible. La Datsun 1200cm³ tiene un tanque de combustible con capacidad para almacenar 39.0 litros (10,25 galones).

En el interior de dicho tanque existen celdas que evitan que la gasolina tenga excesivos movimientos, de esa manera se asegura una correcta succión de la bomba de combustible. Con el fin de garantizar mayor resistencia a las fisuras y a la oxidación, además de disminuir el peso este depósito está diseñado de acero con aleaciones de otros metales.

- **Ubicación:** esta localiza bajo el baúl del vehículo.¹

1.2.4.2 Líneas de Combustible



Figura1.30: Líneas de Combustible.

Fuente: http://www.cdxetextbook.com/procedures_sp/repfuelfilterSP.html

- **Función.-** Son las encargadas de transportar el combustible desde el tanque, hasta el riel de inyectores. Por lo general en muchos de los sistemas de inyección trabajan con sistema de retorno (otra línea separada), justo desde el mismo riel de inyectores.

1.2.4.3 Filtro de Combustible



Figura1.31: Partes del Filtro de Combustible.

Fuente: <http://espaciocoche.com/2009/06/filtro-de-gasolina.html>

¹ <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-08.html>

- **Función.-** Retiene las impurezas que se encuentran en el combustible. El elemento filtrante de un filtro de gasolina puede ser fabricado de papel, mallas metálicas, fibra de vidrio, entre otros y este elemento se encuentra recubierto de un cuerpo metálico o de plástico.

Actualmente se usa en los vehículos modernos un filtro de cubierta metálica, esto es porque en los automóviles antiguos se tenía una presión en el sistema de alimentación de entre 0,4 a 0,7 bares de presión y se le considera sistema de baja presión, para ello se utiliza un filtro de cubierta de plástico, sin embargo en un vehículo moderno que utiliza una presión entre 1 y 6,9 bares el filtro de plástico es insuficiente ya que no resistiría la presión por ello se utiliza actualmente los filtros metálicos.

Los filtros de gasolina pueden retener impurezas que tengan un tamaño mayor a las 10 micras, el tiempo de vida útil que tiene un filtro de gasolina es de 6 meses o 10000 km.

1.2.4.4 Filtro de Aire.



Figura 1.32: Filtro de aire tradicional.

Fuente: http://www.google.com.ec/intl/es_ALL/images/logos/images_logo_sm.gif

- **Función.-** Retener las partículas sólidas suspendidas en el aire, tales como polen o polvo que pueden ingresar al múltiple de admisión. Existen dos clases, los convencionales que filtran las impurezas por medio de un papel plegado y los de alto flujo, que a más de retener las impurezas facilitan el ingreso de aire al no ofrecer resistencia, permitiendo un mayor ingreso de aire a través de la tela de fibra de algodón y así mismo un aumento en la potencia.



Figura 1.33: Filtro de Alto Flujo.

Fuente: http://www.google.com.ec/intl/es_ALL/images/logos/images_logo_sm.gif

1.2.4.5 Colector de Admisión



Figura 1.34: Colector o Múltiple de Admisión.

Fuente: http://www.todomotores.cl/competicion/multiple_admision.htm

- **Función.**- Dirigir el flujo de aire hasta el interior de los cilindros. Además sobre el colector van ubicados la riel de inyectores, sensores tales como, TPS, IAT, MAP. El material del múltiple es de aleaciones de aluminio y aleaciones de plástico.

1.2.4.6 Riel de Inyectores



Figura1.35: Rieles de Inyectores.

- **Función.**- El riel es el encargado de distribuir el combustible a los inyectores y por lo general el riel tiene dos cañerías, la una para el ingreso del combustible y la otra

para el retorno del mismo hacia el tanque. Los autos con tecnología de punta solo llevan en su riel una cañería, para el ingreso de combustible, y la presión la controla totalmente la ECU, ya sea modificando el ancho y el número de pulsos de inyección.

1.2.4.7 Bomba de Combustible



Figura1.36: Bomba de Combustible.

Fuente:[Http://www.automotriz.net/tecnica/bombas-gasolina-electricas.htm](http://www.automotriz.net/tecnica/bombas-gasolina-electricas.htm)

- **Función.-** Suministrar combustible con un caudal suficiente y a un presión constante desde el tanque de combustible, hasta el riel de inyectores. En los motores de inyección electrónica toda bomba de combustible está sobredimensionada, ya que la cantidad y la presión que necesitan los inyectores será siempre menor al que puede entregar, la bomba suministra el combustible a una presión de 2 a 3 bares dependiendo del fabricante.

- **Ubicación.-** En casi todos los sistemas de inyección la bomba está situada dentro del tanque de combustible en la parte más baja, ya que genera altas presiones, también genera mucho calor y la mejor manera de refrigerarla es con el mismo combustible del automóvil. Razón por la cual se recomienda que no se deje bajar de un cuarto de tanque el combustible, ya que se dejaría a la bomba sin refrigeración, acortando la vida útil de la misma.

- **Descripción.-** Las bombas de los sistemas de inyección electrónica a gasolina están diseñadas para una vida útil igual a la del vehículo, por lo que vienen totalmente selladas sin opción a ser reparadas, únicamente con los orificios de succión y descarga de combustible y los conectores para la corriente.

1.2.4.8 Regulador de Combustible



Figura1.37: Regulador de Combustible.

Fuente:http://www.howstuffinmycarworks.com/Regulador_de_combustible.html

- **Función.-** Mantener constante la presión del combustible en todo el sistema de alimentación del vehículo, permitiendo así un funcionamiento óptimo del motor en cualquier condición de trabajo. Tiene un conducto de retorno, que al sobrepasar el límite de presión permite fluir el exceso de combustible hacia el tanque.

- **Ubicación.-** Suele estar ubicado en el tubo distribuidor o también en el circuito con la bomba. En la fig. 1,38 se puede observar los componentes internos de un regulador de presión de combustible. Éste está constituido por una carcasa metálica que aloja una membrana, un muelle y una válvula. La válvula se abre y el combustible fluye al tanque cuando la presión en el sistema de alimentación del combustible excede la resistencia del muelle previamente calibrado.

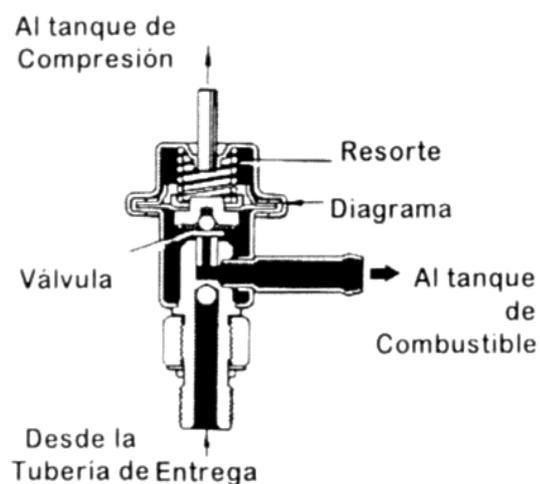


Figura1.38: Partes del Regulador de Combustible.

Fuente:<http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-21.html>

1.2.4.9 Inyectores.



Figura 1.39: Forma de un inyector.

Fuente:http://www.recambiosautos.es/resources/wsb_123x122_INYECTORES+GASOLINA.jpg

- **Función.**- Atomizar el combustible en micro partículas, los inyectores reciben órdenes de la computadora.
- **Ubicación.**- Se localizan en el múltiple de admisión, entre el riel de inyectores y los orificios del múltiple.
- **Descripción.**- En su parte interna tiene un bobinado eléctrico que a través de su conector está en contacto directo con la ECU de la cual recibe impulsos eléctricos de masa que determinarán el tiempo de su apertura. La aguja de inyección posee un núcleo inducido que se retira cuando en el bobinado existe corriente que crea un campo magnético, entonces en éste momento en el inyector se abre y el combustible sale por el orificio anular que está libre gracias a la elevada presión que se encuentra en el circuito hidráulico. En el momento que se corta la corriente que fluye en el bobinado, el resorte obliga a la aguja a mantenerse en el lugar de reposo, cerrándose de esta manera el inyector. En la figura 1,40 se ilustra la constitución interna básica de un inyector, cuando se encuentra cerrado.

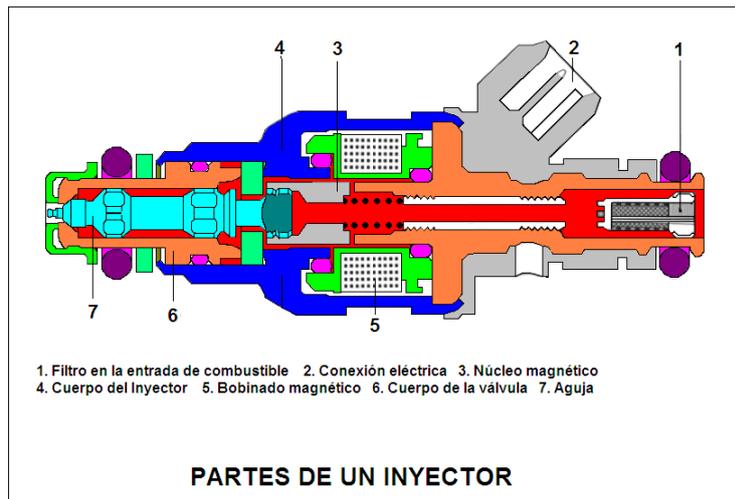


Figura 1.40: Partes del Inyector.

Fuente: Hyundai del Ecuador 2003

- TIPOS DE INYECTORES:

- Inyector tipo Perno
- Inyector tipo Disco
- Inyector tipo Bolilla

- Clasificación de inyectores por Impedancia:

- **Baja Impedancia:** (1,7 - 3) Ω
- **Alta Impedancia:** (10- 16) Ω

Los inyectores de baja impedancia tienen un tiempo de accionamiento más corto, y se utilizan cuando inyectores de gran caudal se colocan en motores de gran cilindrada, ya que con éstos se consigue un mejor ralentí debido a su velocidad de respuesta. Los inyectores de impedancia alta tienen la ventaja de que en los transistores de potencia que los comandan se genera menos calor, por lo que no se requiere utilizar ningún resistor externo que limite la corriente que fluye en ellos.

1.3 Comparación de los Sistemas de Alimentación

1.3.1 Análisis Comparativo de los dos Sistemas

El análisis de estos dos sistemas se lo determina identificando las ventajas y desventajas que presenta cada uno de los sistemas. La inyección de combustible en el colector de admisión tiene muchas ventajas en relación a las exigencias de potencia, consumo, comportamiento de marcha, así como de limitación de elementos contaminantes en los gases de escape.

Las razones de estas ventajas residen en el hecho de que la inyección permite una dosificación muy precisa del combustible en función de los estados de marcha y de carga del motor; teniendo en cuenta así mismo el medio ambiente, controlando la dosificación de tal forma que el contenido de elementos nocivos en los gases de escape sea mínimo.

Además, asignando una electroválvula o inyector a cada cilindro se consigue una mejor distribución de la mezcla. La supresión del carburador; permite dar forma a los conductos de admisión, permitiendo corrientes aerodinámicamente favorables, mejorando el llenado de los cilindros, con lo cual, favorecemos el par motor y la potencia, además de solucionar los conocidos problemas de la carburación, como pueden ser la escarcha, la percolación, las inercias de la gasolina.

1.3.2 Ventajas de la Inyección Electrónica con respecto al sistema de alimentación a Carburador.

- Menor consumo específico de combustible.
- Mayor potencia por cilindrada.
- Mayor par a menos número de revoluciones.
- Mejor calidad de los gases de escape
- Mejor comportamiento de marcha en caliente y en las transiciones

1.3.2.1 Consumo Reducido.

En los sistemas de alimentación de combustible que utilizan un carburador como elemento dosificador, en los colectores de admisión se obtienen mezclas desiguales de aire/gasolina para cada cilindro. Para lograr una mezcla que alimente suficientemente incluso al cilindro más desfavorecido obliga, en general, a dosificar una cantidad de combustible demasiado elevada, la consecuencia de esto es un consumo innecesario de combustible y una carga diferente de los cilindros. Al sugerir un inyector a cada cilindro, en el momento oportuno y en cualquier estado de carga se asegura la cantidad de combustible, exactamente dosificada.

1.3.2.2 Mayor potencia y par

Los sistemas de inyección permiten optimizar la forma de los colectores de admisión mejorando el llenado de los cilindros. El resultado se traduce en una mayor potencia específica y un aumento del par motor.

1.3.2.3 Gases de escape menos contaminantes.

La mayor o menor concentración de las partículas contaminantes en los gases de escape depende directamente de la mezcla aire/gasolina. Para disminuir la emisión de gases contaminantes es necesario preparar la mezcla en una determinada proporción y esto se puede lograr con los sistemas de inyección, que permiten ajustar en todo momento el volumen necesario de combustible respecto al volumen de aire que ingresa a los cilindros.

1.3.2.4 Mejor comportamiento de marcha en caliente y en las transiciones.

“Mediante la exacta dosificación del combustible en función de la temperatura del motor y del régimen de arranque, se consiguen tiempos de arranque más breves y una aceleración más rápida y segura desde el ralentí. En la fase de calentamiento se realizan los ajustes necesarios para una marcha redonda del motor y una buena admisión de gas sin tirones, ambas con un consumo mínimo de combustible, lo que se consigue mediante la adaptación exacta del caudal de éste”.²

1.4 Conclusión

El sistema de inyección electrónica es más eficiente que el sistema a carburador, ya que la ECU, es capaz de regular y controlar la mezcla de combustible según sean las condiciones ambientales y parámetros de funcionamiento del motor, para conocer estas características la ECU se basa en las señales que recibe de los sensores. Sin embargo tanto los elementos como el mantenimiento de un sistema de inyección electrónica son mucho más costosos ya que para realizarlo se necesita tener un conocimiento más especializado.

² <http://www.microcaos.net/ocio/ventajas-de-los-sistemas-de-inyeccion>

CAPÍTULO 2

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR A CARBURADOR Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MPFI

Introducción

Para la selección del sistema de inyección MPFI, que se implementara en el motor Nissan A12, es necesario conocer las características constructivas y de funcionamiento de éste, también se realizaran las pruebas de funcionamiento, se tomaran las medidas constructivas y se efectuaran cálculos necesarios para elegir de una manera técnica y eficaz los elementos a utilizar en este proyecto.

2.1 Características de Construcción del Motor A12

En el motor A12 que corresponde a la línea de vehículos Nissan bajo la denominación B110, los principales componentes de este motor como son: el bloque, cabezote, bielas están contruidos con material de fundición de hierro para soportar las elevadas temperaturas a las que están sometidos durante el tiempo de trabajo; tiene 4 cilindros en línea, dando una cilindrada de 1171cm³.

2.1.1 Historia y Evolución de los Motores Nissan

La empresa Nissan desarrollo a la marca Datsun como su punto de partida. En 1912 se creó la empresa “Kawaishinsha Motor Car” bajo la responsabilidad del ingeniero Masujiro Hashimoto quien desarrollo el primer auto japonés de su historia con el nombre de DAT, tomando las iniciales de los capitalistas de la empresa; Den, Aoyama y Takeuichi.

En 1932 inicia la fabricación de los primeros “Datsun” nombre que proviene de unir las siglas DAT con la palabra en inglés “sun” que significa “sol”, el símbolo del imperio japonés.

A finales de 1933, la compañía se traslada hacia Yokohama y decide cambiar el nombre de la empresa por "Nissan Motor Company".

Toda la línea de vehículos Datsun era de cuatro cilindros y de estructura pequeña, similar a los modelos europeos, en 1937 optan por incluir tecnología norteamericana llegando a construir autos más grandes y de seis cilindros. En 1966 fue lanzado el Nissan Sunny, como Datsun 1000, creado por Nissan Japan, y terminando su producción en el 2004 para Japón.

En 1966 Datsun 1000 bajo la denominación (B10 Series), exporto la primera generación del Nissan Sunny, el mismo estaba impulsado por un motor A10 de 988cm^3 que producía 56 caballos de fuerza, en 1972 se lanza al mercado la segunda generación de denominación (B110 serie) a esta generación se la conoció como Datsun 1200 con un motor A12. Esta versión incorporaba una mejora con respecto al motor A10 puesto que incremento su cilindrada a 1171cm^3 . El Datsun 1200 fue el auto más eficiente hablando de combustible, en Estados Unidos en 1973, nombrado por su consumo de 46,178 km por Galón (kmPG) en pistas normales y 60,981 km en carreteras.

Desde esa fecha todos los vehículos de diferentes modelos se los comercializa con el nombre de Nissan, esta marca ha evolucionado con el pasar de las generaciones y se ha situado entre las más grandes dentro del campo automotriz.

2.1.2 Dimensionado de los Componentes

Las dimensiones y especificaciones del motor A12 se las obtiene utilizando elementos de medición, además vienen establecidas por la ficha técnica del fabricante.

MODELO DEL MOTOR A12. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
Marca		NISSAN
Motor		A12
Año		1979-1981
Cilindros		4
Cilindrada	cm ³	1171
Diámetro Cilindros	mm	73
	plg.	2,87
Carrera	mm	70
	plg.	2,76
Relación de Compresión		9,1:1
Válvula de Admisión	mm	C 0,35
	plg.	C 0,014
Válvula de Escape	mm	C 0,35
	plg.	C 0,014
Torque Tapa de Cilindros	Nm	70 - 75
	kg.m	7,14 - 7,65
Torque de Bancada	Nm	50 - 60
	kg.m	5,1 - 6,12
Torque de Biela	Nm	30 - 36
	kg.m	3,06 - 3,67
Torque de Volante	Nm	65 - 75
	kg.m	6,63 - 7,65
Orden de Encendido		1-3-4-2

Tabla 2.1: ficha técnica motor Nissan A12.

Fuente: Calibraciones y puesta a puntos de autos, Ediciones América

2.1.2.1 Dimensionado de los Cilindros del Motor

Se conoce que el tamaño de los cilindros viene determinado por su diámetro interno o calibre y la carrera del pistón, la misma que está comprendida entre el PMS y el PMI.

- **Diámetro Interno del cilindro.**- Para determinar el calibre de un cilindro se debe utilizar un calibrador de interiores, como se ve en la siguiente figura.



Figura 2.1: Medición del diámetro interior "D".

- **Carrera del pistón.-** Corresponde a la dimensión existente entre el PMS y el PMI Para determinar la medida de la carrera se debe utilizar un calibrador para medir profundidades como se ilustra en la figura



Figura 2.2: Medición de la carrera "L".

- **Calculo de la cilindrada del motor A12.-** Es el volumen de mezcla que puede aspirarse durante la admisión al desplazarse el pistón desde el PMS al PMI.

Para el caso específico de nuestro motor la cilindrada unitaria es:

$$V_u = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} = \frac{\pi 73^2 70}{4} = 292977,0769 \text{ mm}^3 = 292,977 \text{ cm}^3$$

La cilindrada total será igual al producto entre la cilindrada unitaria y el número de cilindros.

Entonces:

$$V = V_u \cdot 4 = 1\,171\,908.308 \text{ mm}^3 = 1\,171,908 \text{ cm}^3$$

De acuerdo a estas mediciones y a los datos proporcionados por el fabricante tenemos la siguiente ficha técnica que nos proporciona algunas especificaciones adicionales constructivas como:

- Relación de compresión: 9,0:1 o 9,5:1
- Longitud de biela: 121,5mm
- Altura del Bloque: 189,1mm

“En cuanto al consumo, según las pruebas realizadas por Nissan se tiene los siguientes resultados: el vehículo Datsun 1200 con motor A12 es uno de los más eficientes hablando de consumo de combustible, se puede recorrer 46,178 km por galón (kmPG) en autopistas y 60,981km en carreteras normales”³

2.2 Pruebas de Funcionamiento del Motor A12

Antes de realizar las pruebas de funcionamiento del motor se hizo una limpieza y revisión general de cada uno de los elementos internos del motor, tanto fijos como móviles, así mismo se completaron algunos elementos que faltaban e impedían el funcionamiento del motor, como eran la bobina de encendido, cables de bujía, filtro de aceite y otros, para finalmente poner a punto el motor.

Proceso realizado para la puesta a punto del motor:

Para que el motor funcione en óptimas condiciones, con el menor consumo de combustible y alcance su mayor potencia al máximo número de revoluciones, se procedió de la siguiente manera:

- Desarmado del motor para limpiar y comprobar el estado de cada elemento. Una vez desarmado éste se comprobó que había sido reparado recientemente ya que al hacer primeramente una inspección de los elementos móviles estos no estaban en mal estado, el estado de los pistones se verificó conjuntamente con los cilindros con la ayuda de un alexómetro el cual nos permitió comprobar por un lado que cada cilindro

³<http://www.autopasion18.com/HISTORIA-NISSAN.htm>
http://www.itqb.unl.pt/~dfb/datsun1200/work_es.pdf
<http://www.naikontuning.com/articulos/motores-nissan/>

mantenía la medida estándar y por otro lado que el desgaste máximo era en el cilindro número 4 con 0.08mm. El cigüeñal no presentó desgastes ni ralladuras en sus apoyos, las válvulas no presentaban desgaste en sus asientos, ni su vástago presentaba torceduras esta comprobación se hizo con el reloj comparador.

Así mismo se comprobó por observación que el bloque no tenía fisuras y su parte donde se asienta la culata estaba completamente plana esto se comprobó con una escuadra, de la misma manera se comprobó la superficie de la culata.

- Se remplazaron los rines ya que durante su desarmado algunos se rompieron, se cambiaron los sellos de válvulas y la junta de la culata.
- El torque de bancada, de biela, de volante, de la culata y calibración de las válvulas se basaron en el manual del fabricante, especificados en la 2.1 tabla.
- Se cambió algunos componentes externos que presentaban anomalías, tales como la base del filtro de combustible, La bomba de gasolina, cables de bujías, bujías y la banda de accesorios.
- Puesta a punto del distribuidor: para ello primero se calibró los contactos del ruptor, luego se ubicó el primer pistón en el PMS final de compresión haciendo coincidir la señal de la polea en 0° , seguidamente verificando que el rotor del distribuidor apunte al terminal correspondiente del primer cilindro colocamos el distribuidor en su alojamiento para finalmente colocar los cables tomando en cuenta que el sentido de giro del rotor es horario.
- Adelanto al encendido: Se puso el primer pistón en el PMS final de compresión haciendo coincidir la señal del adelanto al encendido que para nuestro motor es de 10° , luego con el interruptor en ON girando el distribuidor en sentido contrario a su giro hasta que salte la chispa en el cable central de la bobina Y fijamos el distribuidor.
- Limpieza y mantenimiento del carburador. Para ello se lavó con gasolina inspeccionando cada componente de él, el mismo que se encontró en perfecto estado.
- Finalmente se puso en marcha el motor para de esta manera realizar las pruebas de funcionamiento.



Figura 2.3: Puesta a punto del motor.

2.2.1 Medición de Compresión en los Cilindros

Este procedimiento nos ayudará en el diagnóstico del motor indicándonos el estado de sus componentes, una buena compresión nos indica que existe hermetismo dentro del cilindro y por tanto el rendimiento del motor será adecuado, si los valores son bajos, el rendimiento del motor es deficiente y se tendría que reparar el motor.

Para medir la compresión se siguió el siguiente proceso:

- Se puso en funcionamiento el motor hasta que alcance la temperatura normal de trabajo.
- Se desconectó los cables de alta tensión de las bujías, desenroscamos y retiramos las bujías de los cilindros del motor.
- Se enroscó un manómetro a la cavidad de la bujía extraída en el cilindro que se requiera medir la compresión, se dio arranque al motor con el pedal del acelerador pisado a fondo durante unos 5 segundos, o hasta que la aguja del manómetro dejó de subir, en este instante se dio lectura del valor de la compresión en el cilindro.
- Este procedimiento se repitió en cada cilindro.



Figura 2.4: Medición de compresión.

Resultados obtenidos en la compresión de cada cilindro.

Cilindros motor	Relación de compresión obtenida.
Cilindro 1	115 Psi (7.93 bar)
Cilindro2	115 Psi (7.93 bar)
Cilindro 3	120 Psi(8.27 bar)
Cilindro 4	115 Psi (7.93 bar)

Tabla 2.2: Compresión en los cilindros del motor.

2.2.2 Prueba de RPMs

Con el motor funcionando en ralentí y con la ayuda del tacómetro de la lámpara estroboscópica registramos el número de rpm, luego acelerando el motor a fondo se midió el máximo de revoluciones que éste alcanzaba. A continuación se detalla los valores obtenidos

- En ralentí con un motor estable se tiene 800 rpm
- Con el acelerador pisado a fondo alcanza 5100 rpm



Figura 2.5: Medición de rpms

2.2.3 Prueba de Consumo de Combustible

Las pruebas de consumo de combustible deben ser efectuadas siempre en las mismas condiciones tanto para los motores a carburador como a inyección. Por ejemplo, la EPA (la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) calcula las cifras de consumo de combustible poniendo a funcionar los motores en ralentí o a su vez rodando los autos por encima de rodillos en el interior de sus instalaciones. Eso elimina los factores climáticos como la lluvia, el viento condiciones de calzada, mismos que actúan a favor o en contra del rendimiento de un vehículo.

Sin embargo no es necesario medir únicamente la cantidad de combustible consumido, a más de ello se debe medir los desechos en las emisiones de gases, para tener una noción verdadera del consumo real de combustible de un vehículo.

Teniendo en cuenta estas referencias la prueba de consumo de combustible se realizó con el motor funcionado en ralentí, con un tanque de combustible adaptado con capacidad para 1 galón (3,79litros), se enciende el motor por el lapso de una hora a una marcha de 800rpms.

Luego, mediante una probeta graduada, se midió el combustible sobrante en el depósito, teniendo como resultado de la medición 1,59 litros. Al hacer el análisis de la diferencia entre la cantidad inicial de combustible y la restante, después del funcionamiento del motor, se constató que se consumieron 2.2 litros por hora, que equivale a 0,58 galones es decir poco más de medio galón. Ver tabla C2 en Conclusiones y recomendaciones.



Figura 2.6: Prueba de consumo de combustible.

2.2.4 Prueba de las Emisiones Contaminantes

Esta prueba se pudo realizar con el analizador de gases existente en el taller de la Universidad de la Azuay. Este proceso consiste en colocar el analizador de gases en el tubo de escape del motor y los resultados se los puede observar en el computador del analizador, además tenemos la opción de imprimirlos.



Figura 2.7: Prueba de emisiones contaminantes.

Tabla de resultados obtenidos:

rpm	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	NO _x (%)	Valor λ
800	6,32	10,37	489	0,91	0,873
3000	7,28	8,50	626	1,92	0.843

Tabla 2.3: Gases emitidos por el motor a carburador.

De acuerdo a los datos obtenidos, y teniendo en cuenta que el motor es del año 1993, los porcentajes de CO medidos, según la tabla de la norma INEN (tabla C3 en el apartado de conclusiones y recomendaciones) está por encima del valor establecido que es 3,5, a 800rpm y 4,5 a 3000rpm sin embargo está dentro de lo que establece las normas de Cuenca Aire que es de 0 a 7 (como se ve en el anexo 4). El CO₂ está dentro de los límites que establece la norma INEN que son 13 a 800rpm y 17 a 3000rpm, así mismo el HC está dentro de las tolerancias que establece la norma que son 650 a 800rpm y 750 a 1000rpm.

2.2.5 Prueba de Potencia

En vista que se cambiará el sistema de alimentación a carburador del motor, por el nuevo sistema de inyección MPFI, y se hará un análisis comparativo de rendimientos entre los dos sistemas, se tomó el valor de la potencia de 58hp a máxima carga dado en la ficha del fabricante, esta sería la máxima potencia que alcanzará este motor con el sistema a carburador. Uno de los objetivos es incrementar la potencia con este nuevo proyecto, un verdadero éxito será superar la máxima potencia que podría desarrollar este motor en condición estándar.

2.3 Selección de los Elementos de Inyección

Teniendo como referencia las dimensiones del motor, además los resultados de las pruebas de funcionamiento y sabiendo que se va a implementar un sistema de inyección MPFI se procede a realizar la selección de los componentes que se va a utilizar en dicho sistema.

Los principales elementos que se van a emplear en el nuevo sistema de alimentación son los siguientes:

- Una Computadora Programable
- Los principales sensores:
 - Sensor de Aire. (IAT)
 - Sensor de Refrigerante (CTS)
 - Sensor de revoluciones del motor (CKP)
 - Sensor de posición de la mariposa de aceleración (TPS)
 - Sensor de oxígeno (Sonda Landa)
 - Sensor MAP
- Se utilizará cuatro inyectores.
- Elementos que forman parte del sistema de alimentación como:
 - Depósito de combustible.
 - Bomba de gasolina
 - Regulador de presión
 - Filtros
- Se adaptará y fabricará elementos como:
 - Riel de inyectores
 - Cuerpo de aceleración.
 - Múltiple de admisión
 - Rueda fónica
- Accesorios eléctricos
 - Bobinas Independientes
 - Arnés Eléctrico y Cables de Conexión
 - Relés, cables eléctricos etc.

2.3.1 Computadora Programable



Figura 2.8: ECU Megasquirt.

Para seleccionar el ECU se realizó un análisis comparativo de las características y funcionalidad de las diferentes computadoras programables que existen en el mercado, llegando a la conclusión que la ECU que satisface las necesidades del proyecto es la Megasquirt, esto por los siguientes motivos:

➤ **Costos**

Los costos de las diferentes ECUs programables varían según la marca y características de funcionamiento.

Marcas de ECUs Programables.	Costo (dólares)
Megasquirt	<u>\$800</u>
Haltec	\$1500
Moteec	\$2200

Tabla 2.4: Análisis de Costos.

De acuerdo a los datos presentados en la tabla se puede constatar que la más conveniente en cuanto al aspecto económico es la Megasquirt.

➤ **Fiabilidad**

La ECU Megasquirt tiene una alta fiabilidad, tanto en su hardware como en el software, ésta se enfoca más en la optimización de la inyección de combustible, mientras que las computadoras Haltec y Motee, tienen un enfoque destinado para autos de competición. Otra razón importante para elegir una megasquirt es que tiene el sensor MAP incorporado en ella.

➤ **Durabilidad**

La durabilidad de esta computadora es una característica favorable ya que esta ensamblada con elementos reemplazables en caso de averías, además se las puede encontrar en cualquier tienda electrónica, esto a diferencia de otro tipo de ECUs más sofisticadas, las cuales tienen elementos que solo se los puede conseguir bajo pedido al fabricante en caso de averías.

➤ **Funcionalidad**

Megasquirt es una computadora totalmente programable que se puede acoplar a cualquier tipo de inyección electrónica así mismo se puede utilizar cualquier tipo de sensor o actuador, además a través de esta se puede controlar, ajustar y variar en el motor los parámetros que uno desee.

La calibración y puesta a punto de esta ECU se la realizó tanto en el *Software* como en el *hardware* y de acuerdo a los elementos que se utilizan.

➤ **Mantenimiento**

Este tipo de computadoras no requieren mantenimiento alguno, pero se puede recurrir a retirar su carcasa para realizar una revisión de precaución y realizar una limpieza, la Megasquirt no presenta mayor complejidad.

En conclusión, las características antes mencionadas justifican las razones por las cuales se eligió este tipo de ECU.

2.3.2 Selección de Sensores

Al utilizar una ECU megasquirt se puede utilizar cualquier tipo de sensor, no importa la marca ni características de funcionamiento.

Las señales básicas, que en el siguiente subtema se justifica, que necesita la ECU para controlar el sistema de inyección y lograr que el motor funcione adecuadamente son:

- Una señal que indique la temperatura del motor, la misma que nos proporcionan el sensor IAT y sensor CTS.
- Una señal que indique las condiciones de aire aspirado por el motor en cuanto presión, volumen, etc. Esta señal nos proporciona el sensor MAP
- Un sensor que indique la posición de la mariposa de aceleración TPS
- Un sensor que indique las revoluciones del motor. (CKP)
- Además para este proyecto de tesis se hace necesario instalar un sensor de oxígeno el cual nos indica la cantidad y calidad de las emisiones contaminantes.

Características de Estos Sensores.

2.3.2.1 Sensor IAT



Figura 2.9: Sensor IAT (**General Motors**).

Este sensor es muy importante porque proporciona a la ECU una señal que indica la temperatura del aire que ingresa al motor, esta información es tomada en cuenta por el módulo electrónico para regular la inyección.

El sensor IAT seleccionado es de marca GM (General Motors) utilizado en los vehículos Corsa y tiene las siguientes características: Es un termistor NTC esto quiere decir que al aumentar la temperatura la resistencia será menor, tiene coeficiente negativo; a mayor temperatura del aire la resistencia en el sensor será menor y el voltaje de referencia será menor.

2.3.2.2 Sensor CTS



Figura 2.10: Sensor CTS (General Motors).

Este sensor le indica a la computadora la temperatura del motor para que ésta realice un enriquecimiento de combustible en la fase de calentamiento del motor, aumentando el ancho de pulso de inyección hasta que el motor llegue a su temperatura normal de funcionamiento.

Tanto las características de funcionamiento como las constructivas son idénticas a las del IAT, el funcionamiento es el mismo, es de GM (General Motors) lo utiliza Chevrolet.

2.3.2.3 Sensor MAP

La información que proporciona este sensor es de vital importancia, se encarga de medir los cambios en la presión atmosférica, en el vacío del motor y en el múltiple de admisión, esta información utiliza la computadora para ajustar la mezcla de acuerdo a las condiciones atmosféricas que se encuentre el vehículo. El sensor MAP viene incluido en la ECU megasquirt como se ve en la figura 2.11, esto es una gran ventaja, solo es necesario conectarlo al múltiple de admisión a través de una cañería.

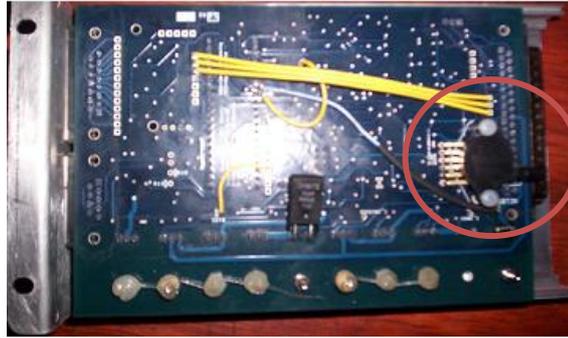


Figura 2.11: Sensor MAP

2.3.2.4 Sensor TPS



Figura 2.12: Sensor TPS (Toyota Yaris).

Este sensor nos indica la posición de la mariposa de aceleración, esto es muy útil para que la ECU pueda regular y controlar la cantidad de inyección de combustible según las necesidades del motor y régimen de funcionamiento. El TPS utilizado es un sensor de un Toyota Yaris, esto debido a que la ECU nos da la posibilidad de escoger cualquier tipo o marca. Se caracteriza por tener tres cables de conexión: Un cable que de alimentación de (5V), un cable de señal (varia el voltaje de acuerdo a la posición de la mariposa) y un cable de masa.

2.3.2.5 Sensor CKP



Figura 2.13: Sensor CKP (Hyundai Getz).

Su uso es vital en el sistema de inyección, proporciona a la ECU información sobre la posición del cigüeñal y las rpm del motor.

La señal enviada indica las rpm del motor y el momento exacto en que cada pistón alcanza el máximo de su recorrido, de esta manera se tiene la información de la posición de cada pistón y se sincroniza el salto de la chispa con la apertura de los inyectores.

El sensor a utilizar tiene las siguientes características:

Tiene dos cables de conexión a la computadora uno que sirve de alimentación 5V y señal y otro cable para la conexión a masa. Para nuestro motor se emplea un sensor inductivo que utiliza el Hyundai Getz.

2.3.2.6 Sensor de Oxígeno



Figura 2.14: Sensor de oxígeno.

Este sensor le informa a la computadora sobre las condiciones de los gases de escape, esto ayuda a corregir la mezcla en caso de que exista exceso de gases contaminantes y por tanto se mejora la combustión.

El sensor que se empleará tiene las siguientes características:

Es un sensor de marca Bosch usa un elemento cerámico ZrO_2 (dióxido de zirconio).

Tiene cuatro cables de conexión, uno de color café sirve para alimentar el calefactor con 12 voltios de la batería y cierra a masa con el cable de color blanco, esto debido a que el sensor tiene un sistema de calefacción interna que ayuda a que el sensor alcance rápidamente su temperatura mínima de funcionamiento que es de $300^{\circ}C$, un tercer cable de color plomo se conecta a la ECU para enviar el voltaje de señal que oscila entre 0,2V (indica mezcla rica) y 0,8V (indica mezcla

pobre) y un cuarto cable que también es de color blanco se conecta a masa del sensor.

2.3.3 Selección de los Componentes del Sistema de Alimentación

2.3.3.1 Selección de Inyectores



Figura 2.15: Inyectores seleccionados para la adaptación del Sistema MPFI.

La selección de los inyectores se realiza en base a la cantidad de caudal inyectado, para esto nos basamos en la fórmula siguiente:

$$\text{- Tamaño del inyector en lb/h} = \frac{\text{potencia del motor (hp)} \times (\text{BSFC})}{\text{número de cilindros (\% del ciclo de trabajo)}}$$

Dónde:

- **Tamaño del inyector en lb/h** = caudal en lb/h
- **Potencia del motor** = 58 hp dato del fabricante
- **BSFC**= consumo específico de combustible que va desde 0,40 a 0,65 [lb/(hp·h)]. En la mayoría de los casos un motor de cuatro tiempos tiene un BSFC de 0,50. Esto significa que el motor va a utilizar 0,50 libras de nafta por hora para cada hp que produce
- **Número de cilindros** = 4
- **Ciclo de trabajo del inyector** = “es recomendable que el inyector trabaje el 80% de su capacidad para garantizar su vida útil” ⁴

$$\text{Tamaño de inyectores en lb/h} = \frac{58 \times (0.5)}{4 (0.8)} = 9,0625$$

⁴ <http://www.nipponpower.com.mx/foro/archive/index.php/t-94820.html>
<http://www.crespocompeticion.com/Accesorios/Paginas/Inyectores.htm>

Conocido este valor es necesario transformarlo a una unidad más familiar de caudal para ello se utiliza la siguiente tabla.

UNIDAD	GALÓN (US)	GALÓN IMPERIAL	PULGADAS CÚBICAS	PIES CÚBICOS	METROS CÚBICOS	LITROS	LIBRAS
GALÓN (US)	1.0	0.833	231.0	0.1337	0.00378	3.785	8.33
GALÓN IMPERIAL	1.20	1.0	277.41	0.1605	0.00455	4.546	10.0
PULGADAS CÚBICAS	0.004329	0.003607	1.0	0.00057	0.000016	-	0.0361
PIES CÚBICOS	7.48	6.232	1,728.0	1.0	0.0283	28.317	62.425
METROS CÚBICOS	284.17	220.05	-	35.314	1.0	1,000	2,204.5
LITROS	0.26417	0.220	61.023	0.0353	0.001	1.0	2.205
LIBRAS	0.12	0.1	27.68	0.016	-	0.454	1.0

Tabla 2.5: Conversión de unidades.

Fuente: <http://www.guemisa.com/conversion.html>

Transformando unidades:

$$\frac{9,0625lb}{h} \times \frac{m^3}{2204,5 lb} = 0,0041m^3/h$$

$$\frac{0,0041m^3}{h} \times \frac{(100cm)^3}{1m^3} = 4100cm^3/h$$

$$\frac{4100cm^3}{h} \times \frac{1h}{60min} = 68,3cm^3/min$$

Esto significa que para generar la potencia de 58hp se necesita un inyector que proporcione un caudal de 68,3cm³/min trabajando al 80 % de su capacidad.

Los inyectores seleccionados fueron los de una moto Suzuki 1000 (Suzuki GSX-R 1000) que tiene las características que se especifica en el anexo 5:

El caudal de inyección que corresponde a 151cm³, satisface los requerimientos del motor A12, con ellos se podría lograr conseguir un incremento de potencia que es uno de los objetivo de este proyecto.

2.3.3.2 Selección de la Bomba de Gasolina



Figura 2.16: Bomba de Inmersión Bosch.

Fuente: <http://art.rexbo.net/bosch/bmp/200/ff000te154r.jpg>

Un sistema de inyección de un motor 1 200cm³ por lo general trabaja con una bomba que impulsa el combustible a unos 3 bar de presión, el caudal que se necesita para este sistema se lo determina con la siguiente formula

- **Caudal de la bomba** = número de inyectores x (caudal a ser inyectado por cada inyector)⁵

Dónde:

Número de inyectores = 4 sistema multipunto

Caudal de inyector seleccionado= 151cm³ /min

Caudal de la bomba = 4 (151cm³/min) = 604cm³/min.

De acuerdo a estos parámetros se necesita una bomba que proporcione por lo menos un caudal de 604 cm³/min a una presión de 3 bares.

La bomba seleccionada es una Bosch que tiene la capacidad de suministrar hasta 3000cm³/min lo cual satisface nuestra necesidad, los datos vinieron especificados en el manual de la bomba.

⁵ <http://www.nipponpower.com.mx/foro/archive/index.php/t-94820.html>

2.3.3.3 Selección de Regulador de Presión



Figura 2.17: Regulador de presión mecánico.

Lo más recomendable para la adaptación de este sistema es utilizar un regulador que nos permita calibrar o variar la presión de combustible, esto para poder corregir anomalías que se presenten en el sistema de alimentación durante la programación de la ECU. Por esta razón se colocó un regulador mecánico.

2.3.3.4 Selección del Riel de Inyección



Figura 2.18: Riel de Inyección que se utilizara.

Se utiliza un riel del Toyota Yaris, para ello se hicieron algunas adecuaciones necesarias en el riel para acoplar los inyectores, así mismo se hizo unas perforaciones a 45 grados en el múltiple para dar cabida a los inyectores. Es importante que el acople de estos elementos sea 100% hermético.

2.3.3.5 Selección del Múltiple de Admisión



Figura 2.19: Múltiple de Admisión Datsun 1200 (mecanizado).

Se utiliza el mismo múltiple de admisión, es el ideal puesto que el fabricante lo ha diseñado considerando todas características, necesidades y condiciones técnicas del motor A12 1171cm³.

Hay que realizar las adecuaciones necesarias para alojar en él, los elementos que se van a acoplar, como es los inyectores con su riel, el cuerpo de aceleración, sensor (TPS y IAT), además el filtro de aire.

2.3.3.6 Cuerpo de Aceleración



Figura 2.20: Cuerpo de aceleración (Toyota Yaris).

Se utiliza en nuestro proyecto un cuerpo de aceleración de un Toyota Yaris, de igual forma se deben realizar adecuaciones para acoplarlo al múltiple de admisión, como se ilustra en el capítulo siguiente en el apartado 3.3.1.3.

2.3.4 Selección de Componentes de Encendido

2.3.4.1 Rueda Fónica



Figura 2.21: Rueda Fónica de 60-2 dientes.

Se empleara una rueda fónica de 60-2 dientes es una de las más comunes, la utilizan algunos vehículos y se la puede fabricar o conseguir con facilidad.

2.3.4.2 Bobina Independientes

Para el sistema de encendido de nuestro motor se emplea un sistema de bobinas independientes, éstas serán controladas por la ECU. Con este tipo de bobinas se consigue un salto de chispa en dos cilindros simultáneamente (1- 4 y 2-3) y se denomina chispa desperdiciada.



Figura 2.22: Bobinas independientes

2.3.4.3 Arnés Eléctrico y Cables de Conexión

La computadora Megasquir tiene la ventaja que viene con su propio arnés eléctrico (chicote) solo hay que realizar las conexiones a los conectores de los sensores, y demás componentes, sin embargo además de ello se utilizó otros accesorios como relés, cables, pines de conexión, etc.

2.4 Conclusión

Para implementar un sistema de inyección electrónico es de vital importancia conocer las características constructivas y de funcionamiento actual del motor en el que se implementará el sistema de inyección, para de acuerdo a esta información, escoger el sistema y acoplar los elementos más idóneos, así mismo, para escoger estos elementos es necesario realizar un estudio técnico que determine cuál es la finalidad que debe cumplir el sistema y los componentes a utilizar, para así lograr un mejor desempeño y rendimiento en el motor.

CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN Y ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MPFI

3.1 Construcción del Banco-Motor

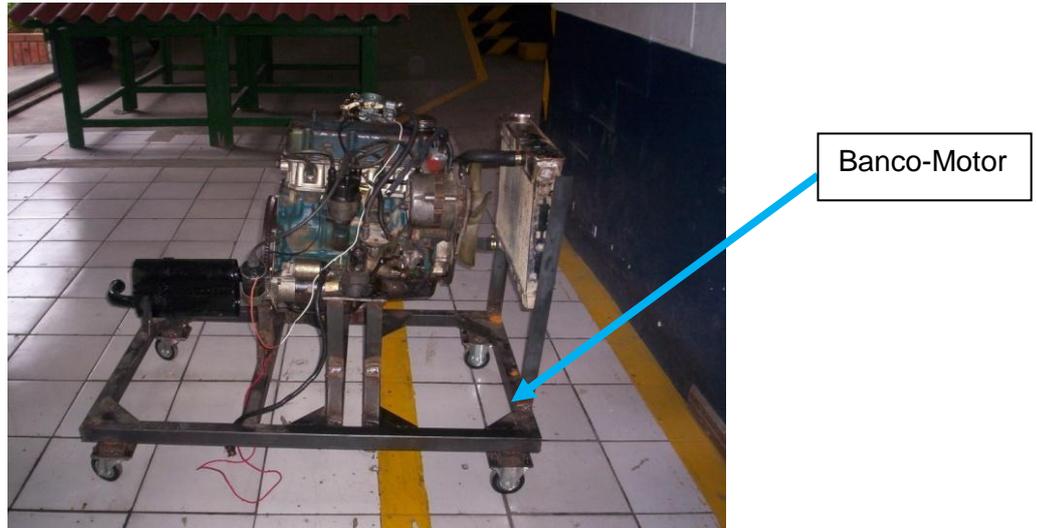


Figura 3.1: Banco del motor.

Cabe indicar que el banco donde se asienta el motor se construyó previo a la ejecución de las pruebas y mediciones de este segundo elemento, como se ve en la figura. Una vez construido el banco de acuerdo a las dimensiones del motor, se utilizó de soporte para mayor facilidad en el traslado y manipulación de la máquina durante la adecuación y montaje de los elementos del sistema de inyección MPFI.

Pasos que se siguieron para su elaboración:

- Determinación de las dimensiones del banco.

Las Dimensiones del banco se eligieron de tal manera que la estructura sea lo suficientemente resistente con el menor peso posible y con el suficiente espacio para dar cabida a todos los elementos que en él se apoyan.

Sus dimensiones son:

- Ancho: 70, 5 cm

- Largo: 111 cm
 - Altura del soporte del radiador: 60,8 cm.
 - Altura de la base del motor: 31cm.
 - Altura de la base del tablero: 74cm.
- Selección de la forma y material a emplearse en su construcción.

Para la elaboración del banco se utilizó los siguientes materiales:

- Tubo cuadrado.
- Angulo.
- Cuatro ruedas móviles de hule color negro



Figura 3.2: Materiales del banco-motor.

- Preparación de la materia prima.

Se realizó el corte y preparación de cada uno de los elementos a utilizar con las medidas ya establecidas para su posterior unión mediante soldadura.

- Unión de los elementos.

Para construir el banco se unió todos los elementos mediante cordones de soldadura, luego con el banco ensamblado finalmente se colocó las ruedas móviles.

3.2 Montaje de los Componentes en el Motor

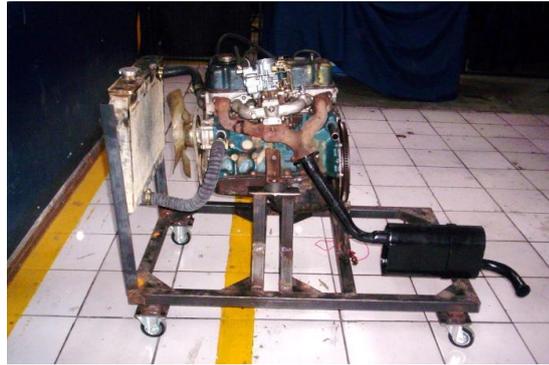


Figura 3.3: Montaje del motor y sus componentes.

Una vez realizado el banco, primeramente se montó el motor A12 con todos sus elementos y sistemas convencionales, para realizar las pruebas respectivas, ya detalladas en capítulo II.

3.3 Adecuaciones para la Adaptación del Sistema de Inyección MPFI

Realizadas todas las pruebas y ensayos del motor a carburador se procedió a desmontar los elementos anejos al motor tanto para prescindir los elementos que no irán con el nuevo sistema como para su limpieza, modificación y pintado de aquellos que si se utilizaran en sistema de inyección.



Figura 3.4: Desmontaje de elementos del motor.

A continuación detallaremos la manera y el orden como se adecuó e instaló los tres sistemas que componen un sistema de inyección electrónica como son: sistema de alimentación de combustible; el sistema de señales o sensores y sistema de control.

3.3.1 Adecuación de los Elementos del Sistemas de Alimentación

3.3.1.1 Modificación del Múltiple de Admisión

Se diseñaron los orificios en las cuatro entradas del múltiple a un ángulo de 45 grados para ensamblar en ellos unos tubos diametrales de aluminio de 15 mm, los cuales servirán para dar alojamiento a los inyectores.

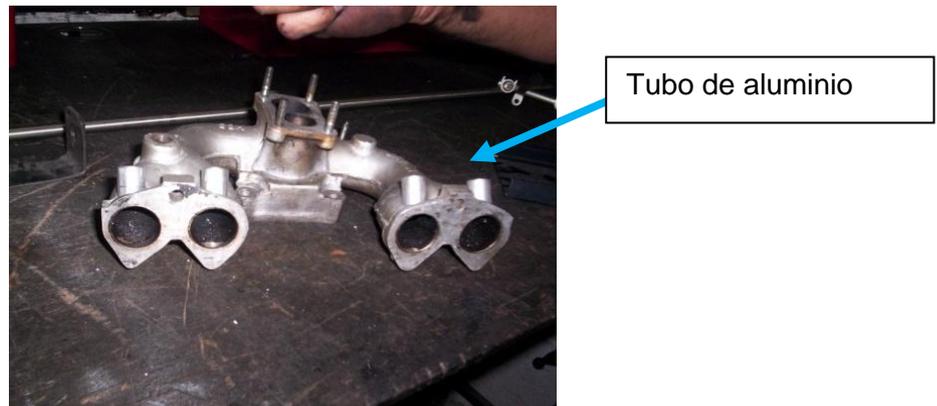


Figura 3.5: Modificación del múltiple de admisión.

3.3.1.2 Preparación y Adecuaciones del Riel de Inyectores

Una vez seleccionado el riel se cortó y se volvió a unir mediante soldadura, de tal manera que los orificios de éste coincidan con los orificios del múltiple.



Figura 3.6: Adecuación del riel de inyectores.

3.3.1.3 Adaptación del Cuerpo de Aceleración

Para poder fijar el cuerpo de aceleración en el múltiple se diseñó dos plantillas de hierro que servirán como elemento de enlace de estos elementos, la una plantilla tiene la forma de la base del carburador que se asentaba en el múltiple y la otra tiene la forma de la base del cuerpo de aceleración, las unimos a estas plantillas a través de un tubo metálico mediante suelda.

Para diseñar la forma de las plantillas primero se realizó unos moldes de papel para en base a esto construir y maquinar las mismas.



a) Plantilla de papel b) Plantilla de hierro c) Soporte metálico

Figura 3.7: Soporte para la adaptación del cuerpo de aceleración.

3.3.1.4 Adecuación del Tanque de Combustible

En un tanque de gas pequeño se hicieron dos agujeros, como se aprecia en la figura 3.8, el uno que servirá para el llenado de combustible y el otro para adaptar la bomba de combustible. Para ello se utilizó dos tapones de agua, el de llenado de 1" 1/4 y el otro para la bomba de 1" 1/2 con sus respectivos tubos roscados, estos últimos se unieron al tanque mediante soldadura.



a) Tanque seleccionado b) Tapón y tubo roscado c) Agujeros para adaptar d) Tanque ensamblado

Figura 3.8: Construcción del tanque de combustible.

3.3.1.5 Adaptación de la Bomba de Combustible y Regulador de Presión en el Tanque de Combustible

Una vez fijado los tapones en el tanque de combustible, en el tapón central se practicaron tres orificios, uno para salida de los cables eléctricos el segundo para salida de combustible y el último para retorno de combustible, como se puede ver en la figura 3.9.

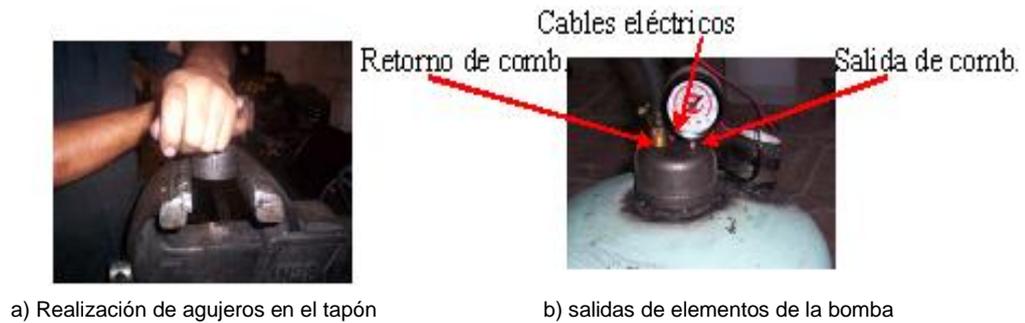


Figura 3.9: Adaptación de la bomba de combustible.

Para regular la presión de combustible se empleó un regulador mecánico con válvula regulable, el mismo que permite el retorno de combustible cuando se excede la presión establecida.



Figura 3.10: Adaptación de la bomba y regulador de combustible.

3.3.2 Adecuaciones en el Motor para el Alojamiento de Sensores

3.3.2.1 Adecuaciones para el Alojamiento del Sensor CKP

Primero se adaptó la rueda fónica, elemento que le proporcionará señal importante de la ubicación del cigüeñal, al sensor CKP. Como se va a utilizar una rueda dentada de 60-2 dientes es necesario conocer cuántos grados representa cada diente para ello realiza el siguiente cálculo: en 360° recorrerán 60 dientes y habrá saltado 2 veces la chispa, es decir cada 180 grados en diferentes cilindros de acuerdo al orden de encendido, pero al utilizar una bobina de chispa desperdiciada la chispa saltará en bancos de dos en dos es decir en los cilindros 1-4 y 2-3 habiendo combustión únicamente en el cilindro que se encuentra en la fase de compresión.

Como 60 dientes de la rueda fónica corresponden a una vuelta completa que equivale 360° , la mitad de los dientes es decir 30 representaran los 180° . Para saber cuántos grados representa el desplazamiento de cada diente se divide los 360° para el número total de dientes de la rueda fónica que es 60 y se tiene como resultado que el desplazamiento de cada diente equivale a un recorrido de 6° ; conocida esta información mediante cuatro cordones de suelda se ensambla la rueda dentada a la polea del cigüeñal de tal manera que existan 15 dientes que equivale a 90 grados desde el sector no dentado de rueda fónica hasta la señal de cero grados en la polea.



Figura 3.11: Adaptación de la rueda fónica.

Para colocar la polea y rueda fónica en el motor ubicamos el pistón del primer cilindro en el PMS, y en esa posición colocamos estos elementos en el motor de tal manera que coincidan las señales de cero grados de la tapa de distribución con la polea del cigüeñal.

El sensor CKP será colocado en el motor de tal forma que apunte justamente con la parte no dentada de la rueda fónica, es decir en los 2 dientes perdidos esto con la única intención de que cada vez que atraviere esta parte de la rueda dentada por el sensor, este le indique a la ECU que el cigüeñal a recorrido los 360 grados.

La chispa coincidirá en el primer pistón cuando este se encuentre en el PMS en la fase de compresión, cuando coincide el sector no dentado con el sensor CKP, a partir de ese instante deberán recorrerse 30 dientes de la rueda fónica para saltar la chispa en el tercer cilindro, la chispa se iniciará en el cuarto cilindro cuando se completen los 60 dientes y atraviere la parte no dentada de la rueda fónica por el CKP pues en ese instante el cigüeñal habría recorrido los 360° y ha dado una vuelta completa, para saltar la chispa en el segundo cilindro tendrá que recorrerse 30 dientes en la segunda vuelta del cigüeñal. Para saltar nuevamente la chispa en el primer cilindro tendrá que recorrerse 30 dientes más iniciándose un nuevo ciclo de trabajo del motor. De esta forma se cumple un ciclo de trabajo de un motor de cuatro tiempos con un orden de encendido 1-3-4-2. Es así como queda ajustado el CKP a la rueda fónica y el motor.

3.3.3 Adecuaciones del Sistema de Encendido

3.3.3.1 Adecuaciones para la Instalación de la Bobina de Encendido

Como en este sistema de inyección se utilizó una bobina independiente de chispa desperdiciada, hubo que eliminar la bobina de encendido convencional y el distribuidor, cuyo alojamiento se selló de manera permanente con suelda y en su lugar se montó la bobina electrónica, para ello se diseñó una pequeña platina que servirá de soporte.

3.4 Adaptación de los Elementos de Inyección en el Motor

Una vez realizadas todas las adecuaciones en cada elemento, se procedió a realizar una limpieza y pintado de estos componentes para su posterior montaje en el motor.



Figura 3.12: Limpieza y pintado de los componentes a adaptar.

3.4.1 Adaptación del Sistema de Alimentación

3.4.1.1 Adaptación del Cuerpo de Alimentación

Primero se ensambla todo este cuerpo de alimentación fuera del motor de la siguiente manera:

Se coloca los inyectores en los tubos diametrales o toberas que se practicaron en el múltiple para este fin y luego se coloca el riel de inyectores sobre ellos. Para hermetizar el acople de estos elementos se utilizó unos o-rings.



Figura 3.13: Ensamble de inyectores en el múltiple.



Figura 3.14: Ensamble de inyectores y riel en el múltiple.

Ensamblados estos elementos se monta el cuerpo de aceleración en el múltiple para ello se utilizó el soporte metálico que se diseñó para dicha unión



Figura 3.15: Cuerpo de alimentación ensamblado.

Finalmente se montó todo este conjunto armado en el motor en la misma ubicación que tenía el múltiple de admisión.



Figura 3.16: Adaptación del Cuerpo de alimentación en el motor.

3.4.1.2 Ubicación del Tanque de Combustible en el Banco Motor

Ya con la bomba y regulador de presión ensamblados en el tanque, se procede a fijar el mismo en el banco motor para ello se utilizó unas correas de bronce que sirvieron como abrazadera.

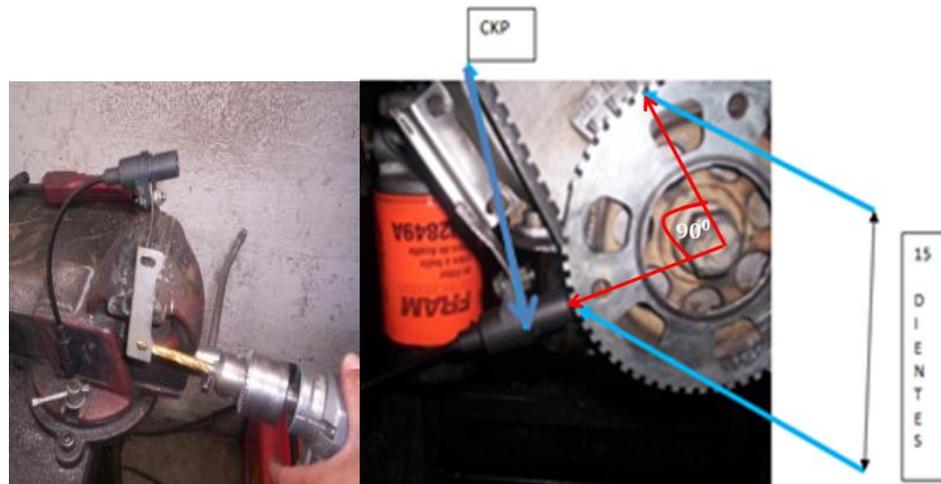


Figura 3.17: Adaptación del tanque de combustible.

3.4.2 Adaptación de Sensores en el Motor

3.4.2.1 Adaptación del Sensor CKP

Una vez fijada la rueda fónica, mediante una platina angular que va a servir como soporte del sensor, se fijó el CKP en la posición ya determinada por la rueda fónica, esto es en el lado izquierdo de la tapa de la distribución, a una distancia de 1,2 mm de los dientes de la rueda fónica, desde la ubicación del CKP a las señales de cero grados existirá 15 dientes es decir 90 grados.



a) Construcción del soporte CKP b) Sensor CKP adaptado.

Figura 3.18: Adaptación del sensor CKP en el motor.

3.4.2.2 Adaptación del Sensor CTS

Este sensor se situó en el orificio del trompo de temperatura del motor para ello se utilizó un nexo de bronce, en el cual se practicó un roscado interno para poder alojar el sensor.

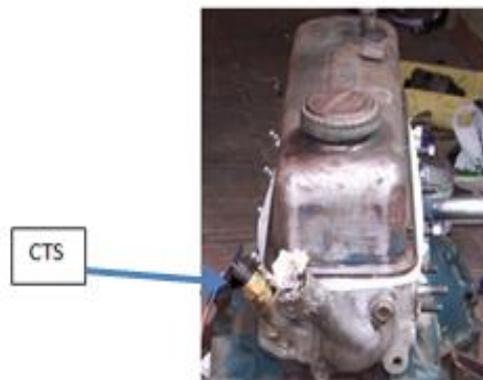


Figura 3.19: Adaptación sensor CTS.

3.4.2.3 Adaptación del Sensor IAT

Este sensor, se lo acopló en un cuerpo tubular de plástico el mismo que a su vez servirá para la instalación del filtro de aire en el cuerpo de aceleración.



Figura 3.20: Adaptación sensor IAT.

3.4.2.4 Adaptación del Sensor de Oxígeno o Sonda Lambda

Éste elemento se adaptó en el tubo de escape un poco antes de la caja de expansión, para ello se hizo un agujero en el cual se soldó una tuerca de tal manera que permita roscar la sonda lambda.



Figura 3.21: Adaptación sensor de oxígeno.

3.4.2.5 Adaptación del Sensor TPS

El sensor TPS está fijado en el cuerpo de aceleración, se monta en conjunto con éste, en el motor.



Figura 3.22: Adaptación sensor TPS.

3.4.3 Adaptación del Sistema de Encendido

La instalación se realizó en el bloque del motor a través de una platina que se diseñó para que sirva de soporte, para este fin se utilizó pernos de unión.



Figura 3.23: Acople de la bobina de encendido.

3. 5 Programación de Hardware e Instalación del Sistema de Control

La ECU megasquirt que se utiliza en este proyecto, al ser programable necesita que los ajustes se realicen de acuerdo a los elementos a utilizar, tanto el hardware como el software, lo que constituye la parte más compleja e interesante en la adaptación de este nuevo sistema. Antes de instalar la ECU se procede a verificar su funcionamiento y a realizar los ajustes en el Hardware para el reconocimiento de ella a los elementos más importantes como son principalmente:

- Si CKP empleado es inductivo o de efecto hall,

- Así mismo que tipo de encendido se va a implementar si es mediante distribuidor, o por bobinas independientes etc.

La verificación de su funcionamiento y reconocimiento de elementos se realizó primeramente en un banco de prueba, cuyo objetivo es simular mediante un motor eléctrico al motor térmico comandado por un switch que representa el arranque, esto puesto que la adaptación de la ECU implica ensayo tras ensayo cosa que al hacerlo con los elementos mencionados anteriormente acoplados al motor implicaría repetidos números de arranques, con riesgo a agotar el motor de arranque.



a) Banco de prueba de sensor CKP

b) prueba de funcionamiento del CKP

Figura 3.24: Pruebas de funcionamiento y reglaje del sensor CKP.

La modificación en el hardware consiste en cambiar la posición de un jumper, siendo posición 1 para utilizar un sensor CKP de efecto Hall, y la posición 2 si el sensor es por inducción magnética, que es nuestro caso; además existen dos potenciómetros que con la rueda fónica girando y el CKP ubicado a una distancia de 1 a 1,2 mm nos permiten calibrar la sensibilidad o el ruido que presenta el sensor, esta sensibilidad se puede visualizar en una laptop la misma que mediante un cable USB-Serial está conectada a la computadora del motor. La sensibilidad o ruido del sensor, se interpreta como la capacidad que tiene el sensor de enviar una señal progresiva (no brusca) la ECU con el más mínimo movimiento de la rueda fónica.

De igual forma se realiza un circuito adicional dentro de la ECU que permita reconocer que el tipo de encendido a utilizar será mediante bobinas independientes de chispa desperdiciada.



Figura 3.25: Adecuaciones del hardware de la ECU .

3.6 Instalación del Arnés Eléctrico de la ECU con los Elementos de Inyección

Para ello primeramente se soldó unos terminales en los extremos de los cables, los mismos que servirán para acoplar con los conectores eléctricos, tanto de actuadores, sensores y demás elementos del sistema de inyección.



Figura 3.26: Terminales de conexión.

Las conexiones eléctricas e instalaciones se basaron en un diagrama de conexiones dado por el proveedor de la ECU, megasquirt cuya serie es ms2extra 2.1.0p, este diagrama indica el número de pin y color de cable que corresponde a cada elemento de inyección, a más de ello en los cables del arnés viene identificando mediante letras el pin de tierra, alimentación y señal de cada elemento que se va instalar en la ECU.



Figura 3.27: Arnés eléctrico.

Diagrama de instalación para ECU Megasquirt ms2extra 2.1.0p

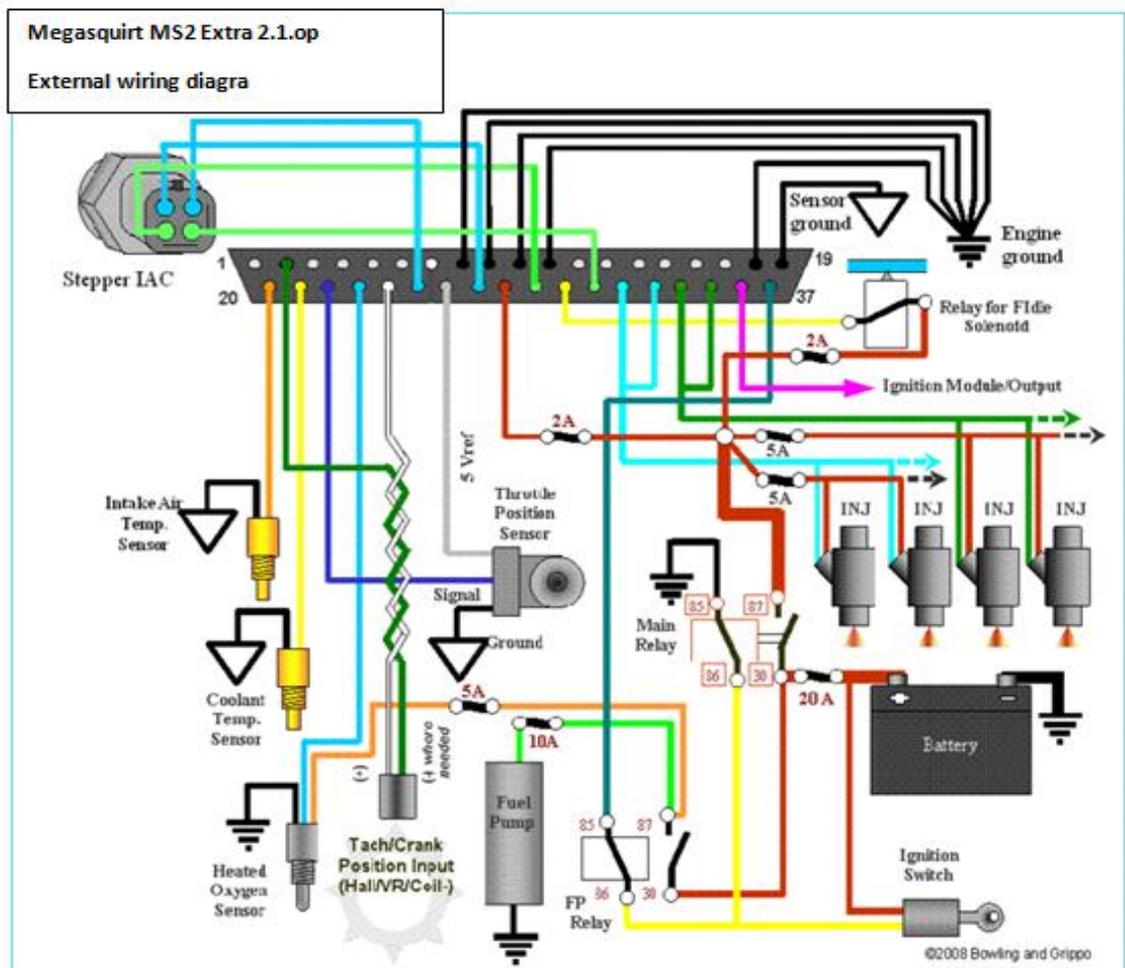


Figura 3.28: Diagrama de instalación megasquirt.

Fuente: http://i48.photobucket.com/albums/f230/MRKIKKOMAN/v3ext_wiring.gif

Cabe indicar que las conexiones que se realizó se basa en el diagrama antes presentado, sin embargo se prescinde de los elementos de protección que se intercala entre el arnés y los diferentes elementos ya sea sensores, inyectores,

bobina, bomba de combustible y otros, como se ve en el diagrama; éstos elementos que prescindimos son: relés, fusibles, los cuales se instalaron de acuerdo a nuestras necesidades y conocimientos.

Diagrama de encendido del motor

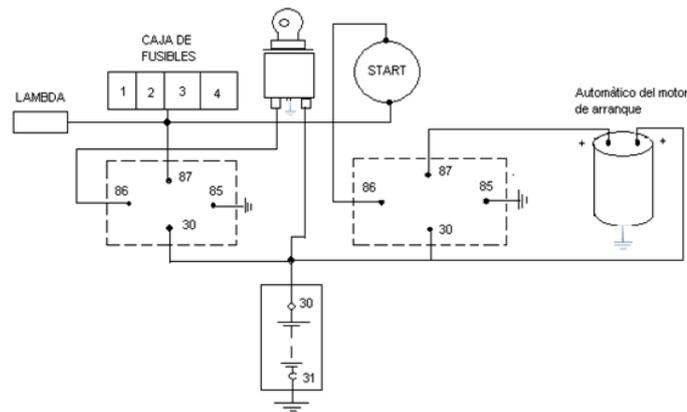


Figura 3.29: Diagrama de conexiones eléctricas.

En este diagrama se puede observar que la corriente proveniente de la batería ingresa al borne 30 de cada relé, al borne positivo de motor de arranque y a un terminal positivo del switch, el cual se encarga de comandar al relé número uno (izquierdo) a través del borne 86, la corriente sale de este relé por el borne 87 a la entrada de la caja de fusibles, con lo que se alimentan los elementos de inyección como: bomba de combustible, ECU, inyectores y bobina de encendido; indicadores de tablero, calefactor del sensor lambda y a un terminal del start, el relé cierra el circuito a tierra a través del borne 85.

Para poder dar arranque y encender el motor es necesario cerrar el circuito del motor de arranque, esto se consigue al presionar el botón start, al permitir pasar la corriente por el borne 86 del relé número dos (derecho) que al estar conectado a tierra por el borne 85 cierra el circuito y envía corriente a través del borne 87 al motor de arranque el cual se energiza y se enciende el motor.



Figura 3.30: Instalación relés y fusibles.

3.6.1 Instalación de Sensores

3.6.1.1 Sensor IAT

Este sensor tiene dos terminales de conexión, un terminal para alimentación y voltaje de señal (varia de 0,5V a 5V) que se conecta al cable de color naranja MS20 (número de pin en el sockets del arnés de la ECU) y el otro terminal se conecta a tierra.

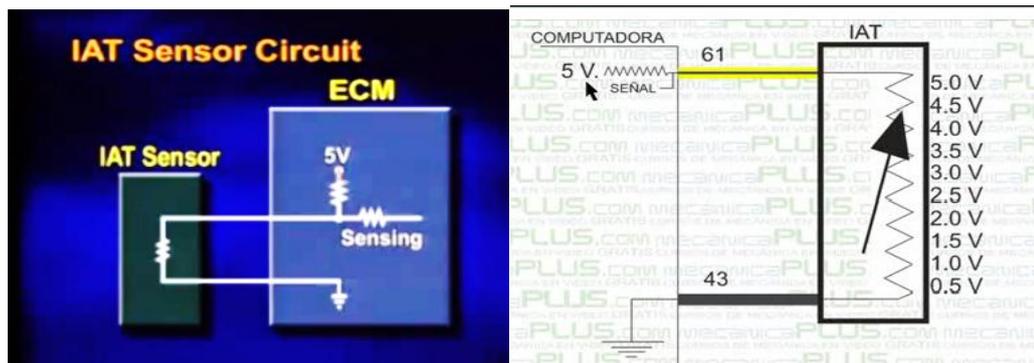


Figura 3.31: Circuito del sensor IAT y sus voltajes de señal.

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=GcMqMIDwImQ>

3.6.1.2 Sensor CTS

Tanto las características de funcionamiento como las constructivas son idénticas a las del sensor IAT, el funcionamiento es el mismo las conexiones se realizan de igual forma, el terminal de alimentación y voltaje de señal (varia de 0,5V a 5V) se conecta al cable MS21 de color amarillo del arnés de la ECU, y el otro va conectado a tierra.

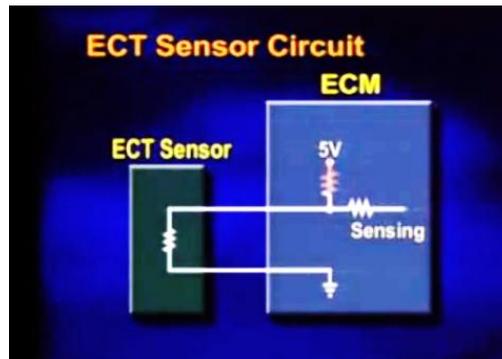


Figura 3.32: Circuito del Sensor CTS.
Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=GcMqMIDwImQ>

3.6.1.3 Sensor TPS

Este sensor se caracteriza por tener tres terminales de conexión:

Un terminal de alimentación de (5V) que se conecta al cable azul celeste MS22 del arnés, el segundo de señal (varia el voltaje de acuerdo a la posición de la mariposa) que se conecta al cable gris MS26 del arnés y el tercero que se conecta a masa.

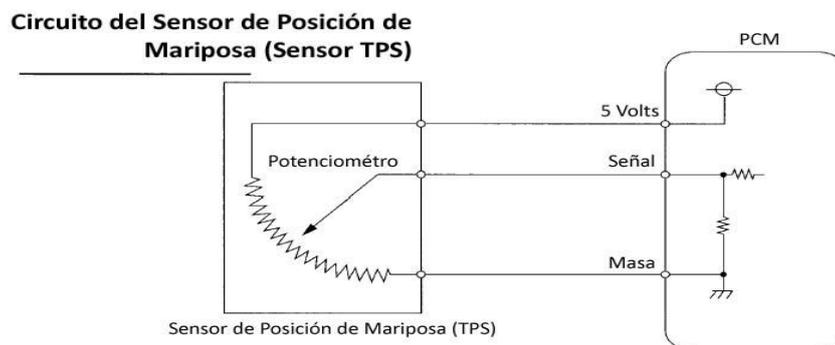


Figura 3.33: Circuito del Sensor TPS.
Fuente: <http://encendidoelectronico.com/eadmin/txt/POS-2.jpg>

3.6.1.4 Sensor CKP

El sensor que se utiliza, tiene dos terminales de conexión a la computadora uno que sirve de alimentación y señal, mientras que el otro cable para la conexión a masa, estos dos cables se conectan a un cable coaxial del arnés que en su interior consta de tres cables un cable blanco MS24, una malla MS2 y un cable negro que cumple la función de aislador de los cables mencionados.

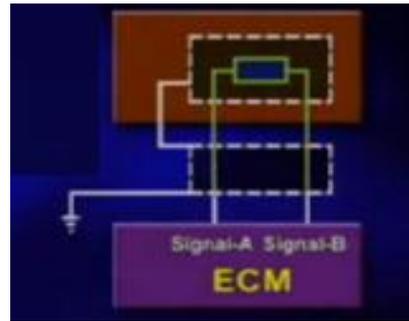


Figura 3.34: Circuito del Sensor CKP.

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=F9ZIO7b12Pw>

3.6.1.5 Sensor Lambda

Tiene cuatro cables de conexión, uno de ellos sirve para alimentar, al calefactor del sensor desde la batería, otro para señal de la computadora, el mismo que se conecta al cable MS23 del arnés; y otros dos que son de color blanco se conectan a tierra.

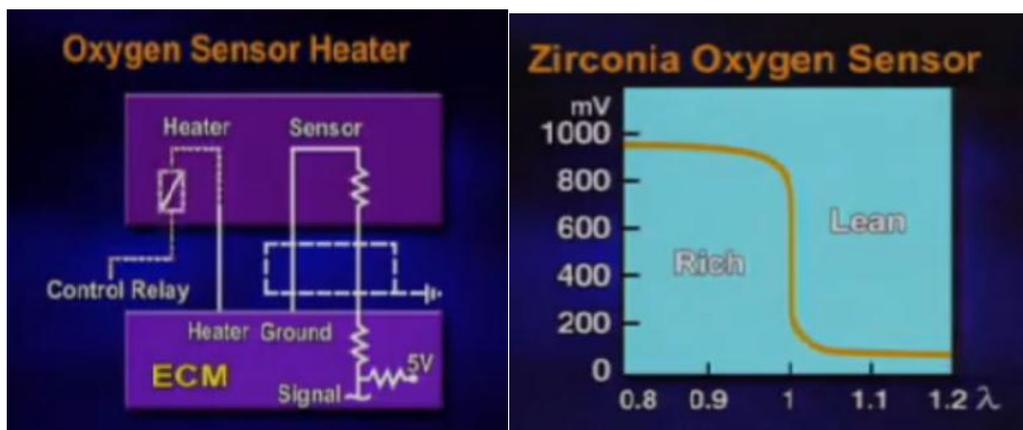
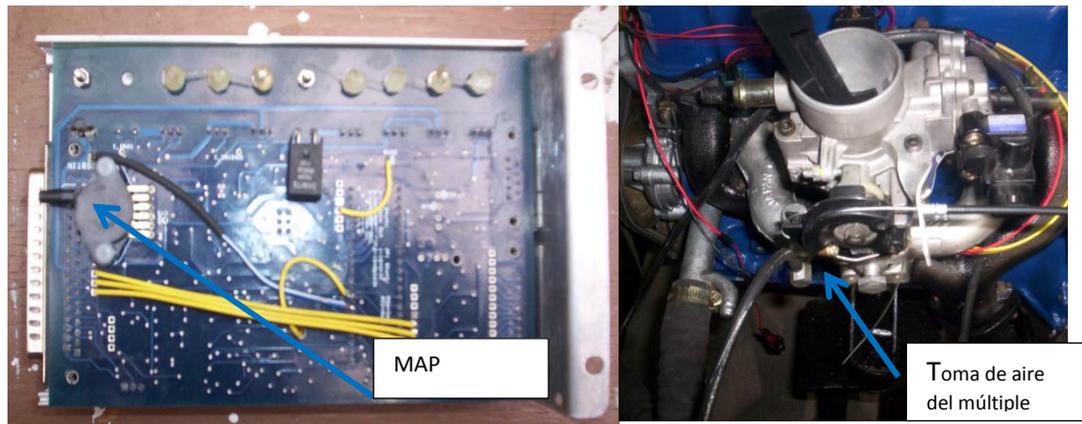


Figura 3.35: Circuito y Curva de funcionamiento del Sensor de Oxígeno.

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=VMHS1EeaWd0>

3.6.1.6 Sensor MAP

Este sensor viene incorporado dentro de la ECU megasquirt, solo es necesario conectar mediante una cañería al múltiple de admisión.



a) Sensor MAP dentro de la ECU

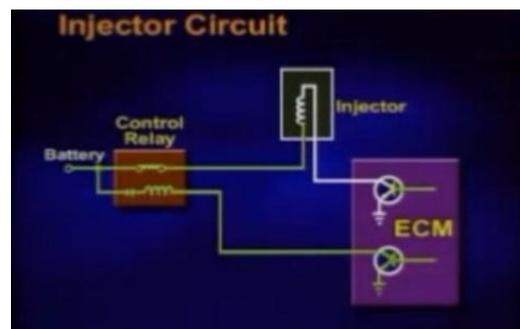
b) Toma de aire para instalar el MAP

Figura 3.36: Instalación del señor MAP.

3.6.2 Instalación de Inyectores

Ya que en la programación se elige el tipo de inyección alternativo, se instala en bancos de dos en dos, es decir el inyector 1 y 4 se conectan al cable del arnés del banco 1, mientras que el inyector 2 y 3 al cable del arnés del banco 2. Cada inyector tiene dos terminales de conexión uno de alimentación de 12 voltios desde la batería a través de un relé y un fusible de protección, mientras que otro para recibir la señal de la ECU.

Las señales de la ECU llegan a los inyectores a través del cable color azul MS32 para el banco 1 y para el banco dos a través del cable verde MS34

**Figura 3.37:** Circuito de conexión de un inyector.

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=qM4u2Q-foIM>

3.6.3 Instalación de Bobinas de Encendido

La instalación se realiza de idéntica forma que en los inyectores en bancos de dos en dos.

La alimentación la recibe a un terminal, desde la batería mediante un relé y fusible, en tanto que el otro terminal recibe la señal desde la ECU, a través del cable azul MS29, que corresponde al banco 1, y para el banco 2 desde el cable MS25 color verde.

3.6.4 Instalación de la Bomba de Combustible

La bomba está alimentada desde la batería mediante un relé y fusible, cerrando el circuito con su conexión a tierra.

3.6.5 Alimentación de la ECU

La computadora recibe alimentación desde la batería a través de un relé y fusible de protección, esta alimentación ingresa a la ECU por el cable MS37 del arnés. Todos los elementos de inyección se energizarán y actuarán en el instante en que se abra el switch, ya que en ese instante la ECU se alimenta y toma el control de todos los componentes.

Para realizar todas las conexiones es indispensable conocer el funcionamiento y circuito eléctrico de cada sensor.

Una vez adaptado todos los elementos al motor y hecha todas las conexiones del arnés de la ECU, se enciende el motor para posteriormente con la ayuda del software, Tuner Estudio, afinar el motor.



Figura 3.38: Conexiones eléctricas.

3.6.6 Instalación del Tablero de Instrumentos e Indicadores

Con el fin de poder instalar instrumentos que nos permitan visualizar los parámetros de funcionamiento del motor como revoluciones, temperatura y presión de aceite, además de instalar el switch de encendido del motor, acelerador, para colocar la ECU Megasquirt y otros elementos más como fusible, relés y la laptop, se diseñó un tablero que nos sirva de soporte para colocar estos elementos.

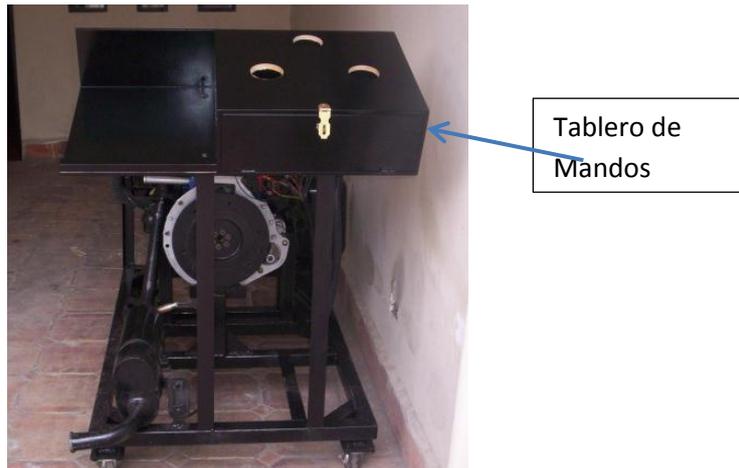


Figura 3.39: Tablero de mandos.

3.6.6.1 Instalación de Indicadores

- **Tacómetro de Revoluciones.-** El tacómetro se colocó en la parte superior del tablero, para su instalación tiene tres cables de conexión uno que se conecta a masa, otro recibe alimentación a través de un fusible y el otro cable es de señal que se conecta mediante unos diodos a la bobina de encendido.



Figura 3.40: Tacómetro de rpms.

- **Indicador de Temperatura del Motor.-** El indicador se ubicó en la parte superior del tablero, tiene tres cables de conexión uno que se conecta a

masa, otro recibe alimentación a través de un fusible y el otro cable es de señal que se conecta al trompo de temperatura.



Figura 3.41: Indicador de temperatura del motor.

- **Indicador de Aceite.-** Este indicador de igual forma tiene tres cables de conexión y la instalación se la hace de igual forma que en el caso anterior con la diferencia que el cable de señal se conecta al trompo de aceite.



Figura 3.42: Indicador de aceite.

- **Instalación de Swich de Encendido.-** Este elemento está situado en la parte superior del tablero tiene tres cables de conexión el uno se conecta a tierra y los otros dos cables se conectan al borne 86 y 87 de un relé de mando, al colocar el switch en la posición de on se energizan todos los elementos del sistema de inyección, además del switch se posee el estárter con el cual se da arranque para el encendido del motor.



Figura 3.43: Swich de encendido.

- **Instalación del Mando del Acelerador.-** Como mando de acelerador se utilizó una palanca de cambios de una bicicleta la cual está unida mediante cable de acero a la oreja de aceleración, al hacer girar esta palanca, el cable se contrae y retrae con lo que se consigue variar la posición de la mariposa de aceleración.

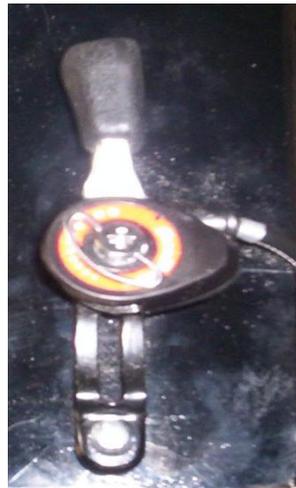


Figura 3.44: Mando de aceleración.

El tablero de mando a más de todos estos servicios tiene un cajón en el cual se guardó y fijó la ECU mediante unos tornillos, en la parte posterior del tablero se instalaron los relés y fusible.



Figura 3.45: Tablero con todos los mandos.

3.7 Conclusión

Para poder implementar un nuevo sistema de alimentación en un motor hay que conocer a la perfección el funcionamiento, ubicación en el motor e instalación de cada uno de los elementos que se utilizará en un sistema de inyección, esto con el fin de no dañarlos y que una vez montados en las adecuaciones hechas en el motor, éstos funcionen sin contratiempos, es decir sin causar problemas.



Figura 3.46: Motor con el sistema de inyección.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para iniciar con las pruebas de funcionamiento es necesario realizar las calibraciones y puesta a punto del motor con el nuevo sistema de inyección MPFI, esto se realiza con un software de ajuste y análisis llamado Tuner Estudio, el cual permite desde una computadora de escritorio calibrar la ECU Megasquirt, la misma que se encarga de controlar todo el sistema de inyección, que es 100% programable.

4.1 Puesta a Punto del Motor

La puesta a punto del motor consiste en realizar las respectivas calibraciones y ajustes en cada uno de los componentes del sistema de inyección y demás elementos de motor.

4.1.1 Programación de la ECU con los Componentes de Inyección

Es indispensable calibrar y programar la ECU tanto en su software como en el hardware en función del tipo de inyección que se va a implementar y a los elementos que se van a utilizar en dicho proyecto. Para realizar la programación de la inyección MPFI se realiza el siguiente proceso.

4.1.1.1 Instalación del Software Tuner Estudio

La programación se realiza a través de Tuner Estudio, por ello primeramente se instala este programa de análisis en una computadora de escritorio. Una vez instalado el software, al abrir el programa podemos observar una serie de ventanas e íconos.



Figura 4.1: Ventana principal del Tuner Estudio.

En esta ventana se puede visualizar los principales medidores de los parámetros de funcionamiento del motor como rpm's, temperatura del motor, carga de la batería, posición de la mariposa de aceleración, entre otros, además de ello existe una serie de pestañas o iconos los cuales permiten programar y afinar la inyección.

4.1.1.2 Enlace o conexión con la ECU Megasquirt

Lo primero que debemos hacer es seleccionar el idioma en el que queremos trabajar para ello nos ubicamos en la ventana de opciones y escogemos el idioma, en nuestro caso seleccionamos el español.



Figura 4.2: Selección de idioma del Tuner Estudio.

Para realizar la programación hay que establecer conexión entre la ECU y la computadora de escritorio, esto se logra a través de un cable DB9 o llamado USB-serial. Nos ubicamos en el menú comunicaciones, elegimos la opción configuración y aparece una ventana que permite seleccionar el puerto COM de la computadora es decir el puerto en el que está conectado el cable USB, además nos permite elegir la velocidad de comunicación con la que se desea trabajar es decir el número de señales por segundo (Baudrate), en este caso para el tipo de ECU que estamos

utilizando escogemos 115200, finalmente se da enter en la opción detectar con lo que se establecerá la conexión.

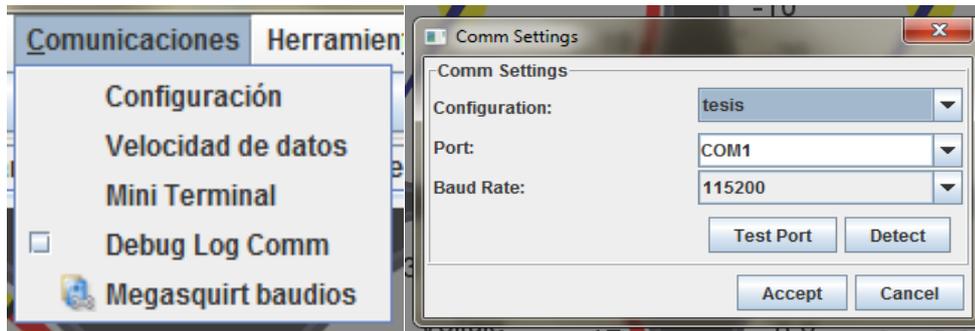


Figura 4.3: Ventana para establecer conexión con la ECU.

4.1.1.3 Creación de un Nuevo Proyecto

Es necesario crear un proyecto nuevo para realizar la programación con los datos de nuestro motor, esto debido a que la ECU se puede abrir con cualquier proyecto creado en el Tuner Estudio. Para ello nos ubicamos en el menú archivo y en proyecto escogemos la opción nuevo proyecto.



Figura 4.4: Creación de un nuevo proyecto.

Al elegir la opción nuevo proyecto aparece una ventana que nos permite poner el nombre y describir el proyecto a crear, además de establecer el enlace con la ECU Megasquirt.

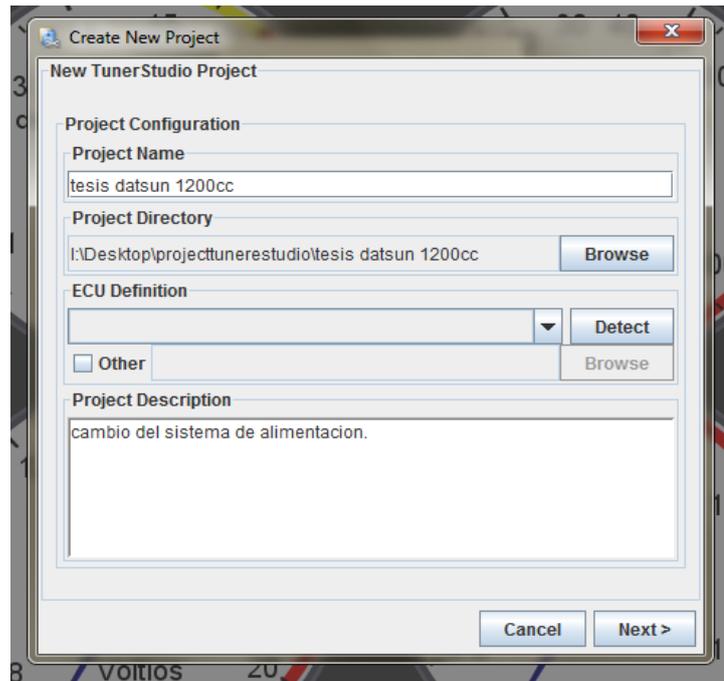


Figura 4.5: Ventana para describir el proyecto.

Una vez dado el nombre al proyecto y establecido el enlace, damos enter en siguiente (Next), entonces se despliega una nueva venta con una serie de opciones, una de éstas nos pide que escojamos el tipo de sensor de oxígeno y de temperatura; seleccionamos estos parámetros de acuerdo a los sensores que se va a utilizar y las unidades de medición que se desea trabajar, las otras opciones que muestra la ventana no se debe alterar.

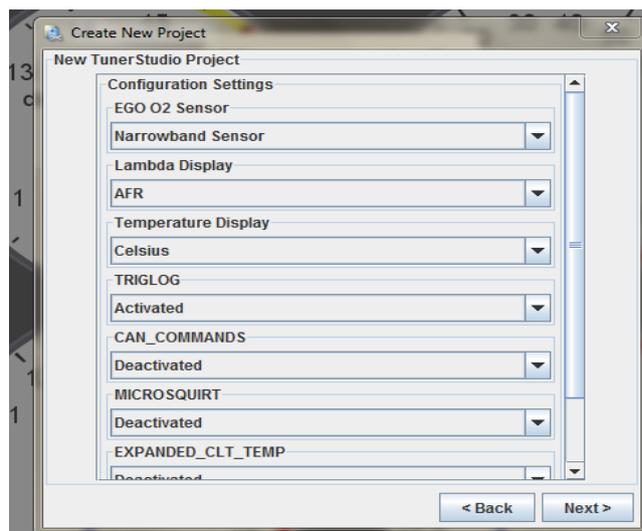


Figura 4.6: Ventana para seleccionar parámetros de sensores.

Se presiona siguiente y vuelve a aparecer la ventana de conexión con la ECU, revisamos que las configuraciones antes realizadas sean las correctas y presionamos siguiente, desplegándose otra ventana que permite elegir la forma en la que se desea visualizar los indicadores de funcionamiento del motor como revoluciones, temperaturas, parámetros de señal registrados por los sensores, tiempo de apertura de inyectores, etc.

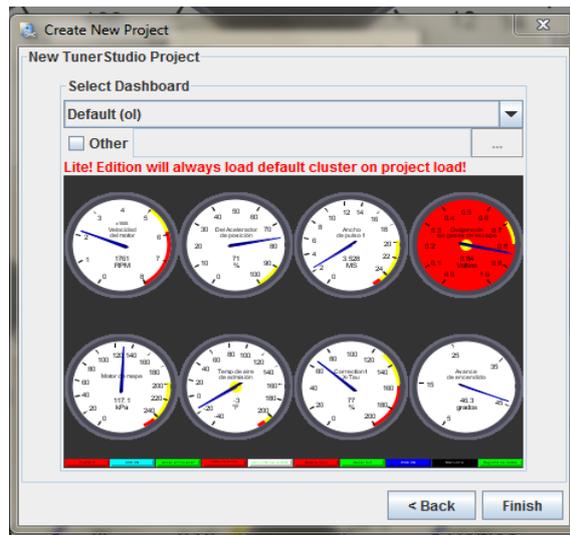


Figura 4.7: Formas y tipos de indicadores de funcionamiento del motor.

Se escoge a criterio personal la que se desea utilizar para el análisis y con ello se finaliza la creación del nuevo proyecto.

4.1.2 Configuraciones Básicas del Sistema de Inyección

Establecida la conexión con la ECU y creado el nuevo proyecto se procede a realizar la programación de la ECU, con la ayuda de Tuner Estudio. En primer lugar ubicarse en la pestaña de configuraciones básicas, en la cual aparecen una serie de opciones para la programación.

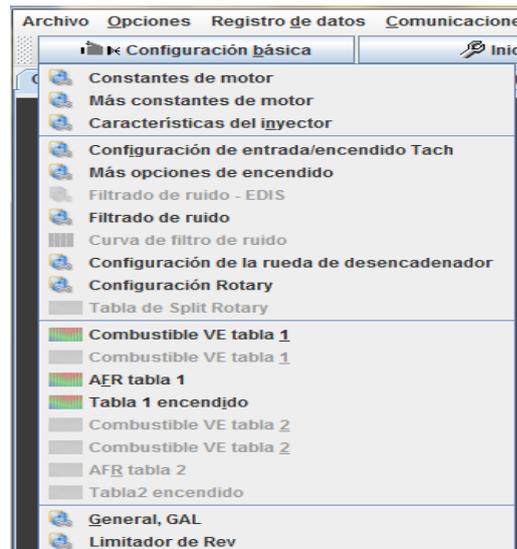


Figura 4.8: Configuraciones del motor.

Primero se escoge la opción constantes del motor. Con ello aparece una ventana que permite ingresar datos del motor, tipo de inyección que se utilizará y además existe la opción para el cálculo de combustible necesario para que el motor se encienda, en ella se debe registrar el cilindraje del motor, el caudal, número de inyectores y la relación de aire combustible. Con estos datos la ECU automáticamente establece la cantidad de combustible requerido, sin embargo no necesariamente será la cantidad correcta de la mezcla, ésta puede ser rica o pobre pero suficiente para encender el motor, en la siguiente figura se puede ver con claridad los parámetros seleccionados en función a las características y necesidades del motor, además de los elementos que disponemos.

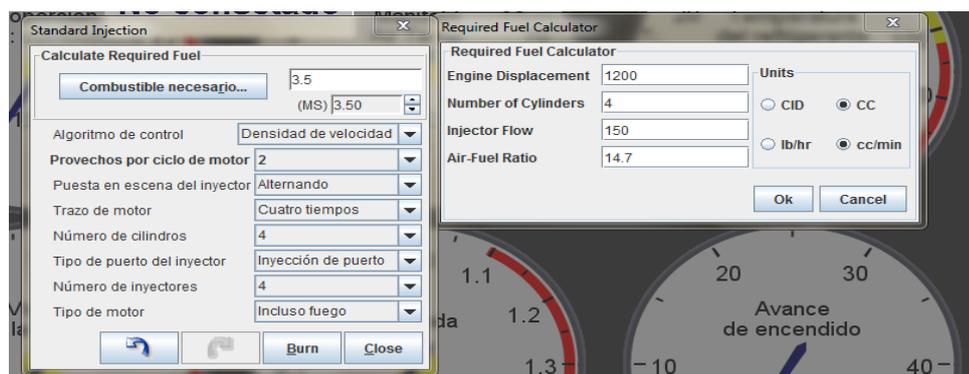


Figura 4.9: Cálculo del requerimiento de combustible.

Posteriormente es necesario programar el encendido, de igual manera hacemos clic en la pestaña de configuraciones básicas, y elegimos la opción configuración de encendido, entonces se desplaza una ventana en donde se debe colocar el tipo

de elementos que se va a utilizar, en este caso emplearemos una rueda dentada con un sistema de bobinas de chispa desperdiciada. En esta venta existen otras opciones que no es necesario manipular porque son las correctas, están acorde al sistema de encendido a utilizar.

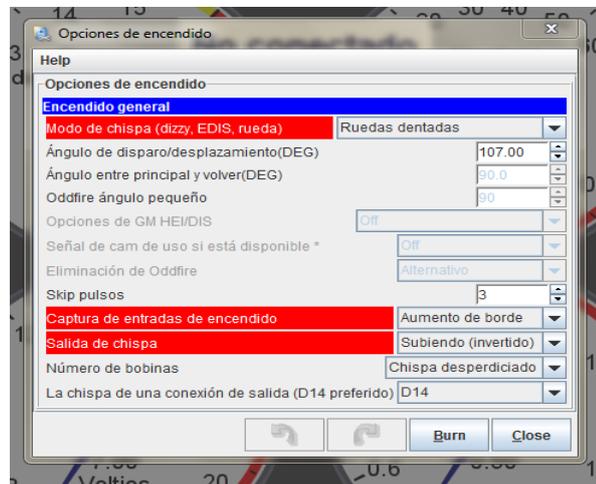


Figura 4.10: Gráfico de opciones de encendido.

Para escoger el número de dientes de la rueda dentada, haciendo clic en la pestaña de configuraciones básicas elegimos la opción configuración de la rueda de desencadenador, utilizaremos una rueda con 60 dientes con dos perdidos (60-2)

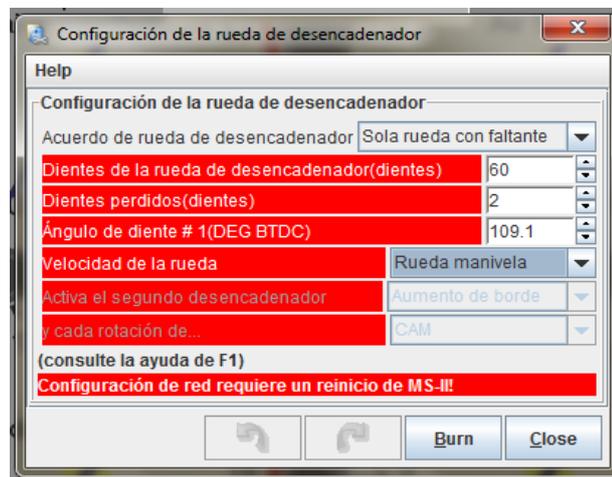


Figura 4.11: Configuración de rueda fónica.

Realizado esto abrimos la opción características del inyector y llenamos algunos parámetros como:

- **Tiempo de apertura del inyector (ms).**- En esta opción se establece el tiempo de apertura del inyector. Se elige 1,1 ms, entonces el ancho de pulso se incrementará 1,1 ms en cada aceleración.
- **Corrección del voltaje de la batería (ms/V).**- Número de milisegundos que la computadora incrementa el voltaje a la bobina de encendido, para compensar las variaciones de voltaje, generalmente de (0,1 a 0,2) ms, por lo que se optó por una corrección de 0,2 ms ya que se tendrá una corrección más amplia.
- **Límite actual de PWM (%).**- Es el límite de ancho de pulso, se elige 100%, de esa forma el inyector tendrá la opción de abrirse en su totalidad.
- **Umbral de tiempo PWM (ms/V).**- Es el umbral máximo al que pueden llegar el ancho de tiempo de apertura del inyector, en nuestro caso se asigna 25,5 ms, ya que es un ancho de pulso razonable, en realidad no se alcanza ese valor.

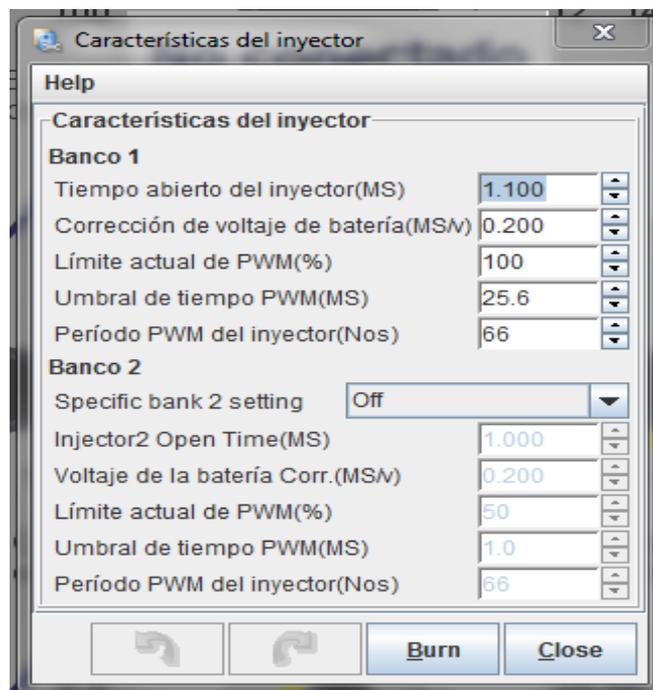


Figura 4.12: Características del inyector.

4.1.3 Encendido del Motor

Con estas configuraciones básica, es suficiente para encender el motor, aunque no con un buen rendimiento y estabilidad, ya que es necesario regular otros parámetros una vez que el motor esta encendido.

4.1.4 Calibración y Programación de Sensores

Para realizar estos ajustes abrimos la ventana herramientas y escogemos el sensor que se desea calibrar.

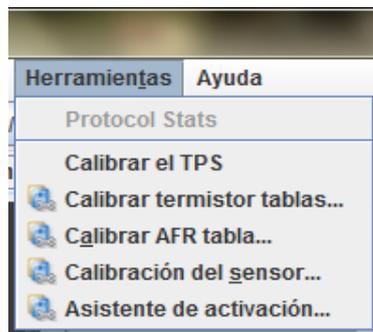


Figura 4.13: Calibración de sensores.

4.1.4.1 Calibración del TPS

Al escoger esta opción se desplaza una ventana que nos indica la apertura de la mariposa de aceleración, tanto en ralentí como en máxima revoluciones. La ECU registra estos datos automáticamente al acelerar el motor, solo es necesario presionar enter en aceptar y se gravan estos valores. De esta forma queda calibrado del TPS.

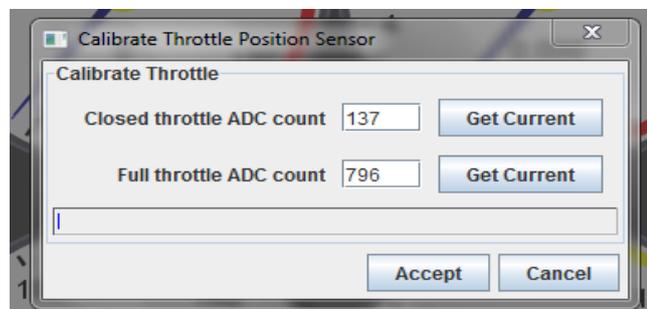


Figura 4.14: Ajuste del TPS.

4.1.4.2 Calibración de Sensores de Temperatura de Aire y Refrigerante (IAT Y CTS)

Dentro del menú herramientas se escoge la opción calibrar termistor entonces aparecerá una ventana que permite escoger uno de los dos sensores que se va a calibrar, luego se escoge el sensor utilizado, que en este caso es GM y automáticamente se activa la tabla de valores de temperaturas versus resistencia de ese tipo de sensor. Finalmente se escribe o guarda en la ECU y se han calibrado los sensores.

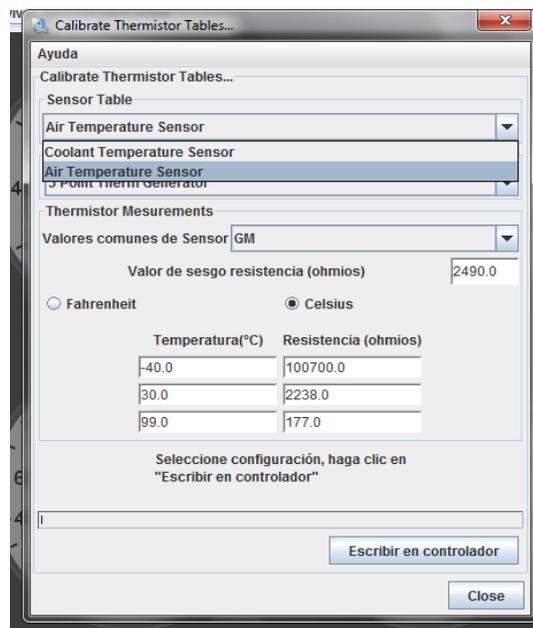


Figura 4.15: Ajuste de sensores de temperatura.

4.1.4.3 Calibración del Sensor de Oxígeno

Dentro del menú herramienta escogemos la opción calibrar AFR, entonces aparece una ventana que nos permite elegir la tabla de sensor de banda ancha (Narrowband), ya que este es el tipo de sensor utilizado, e inmediatamente se activa la tabla de voltaje versus la relación de mezcla aire combustible. Finalmente guardamos en la ECU.

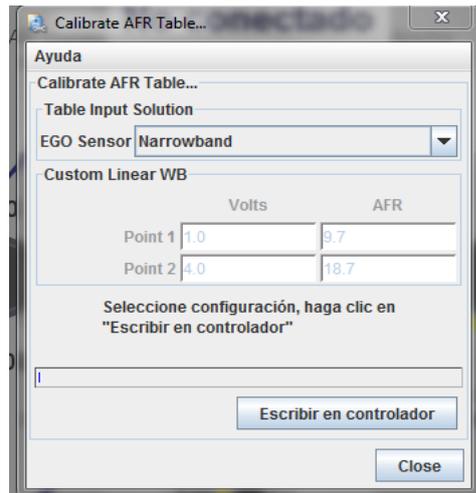


Figura 4.16: Ajuste del sensor de oxígeno.

4.1.4.4 Calibración de los Sensores MAP y CKP

Estos sensores se calibran manipulando las tablas y mapas de ajuste, de volumen de eficiencia (VE), cantidad de mezcla estequiométrica (AFR) y encendido. También se puede calibrar en la opción de herramientas sin embargo no es conveniente para alguien que recién está iniciando el manejo de este programa, ya que se necesita de mucha experiencia.

4.1.5 Tablas y Mapas de Ajuste de Inyección

Estas tablas vienen con las configuraciones básicas de combustible necesario para encender el motor, esto implica que cuando se cambian estos parámetros varían automáticamente los valores de la tabla. Para alcanzar un reglaje perfecto es necesario abrir las tablas y cambiar los datos uno por uno en la zona que convenga hacerlo. Las tablas se encuentran dentro del menú de configuraciones básicas y los mapas en la pestaña tuning.

4.1.5.1 Tabla de AFR (relación de aire combustible)

En esta tabla existen dos variables de color gris una vertical que indica la presión absoluta que da el sensor MAP y la otra muestra las rpms del motor. Se puede variar estos rangos según convenga para obtener los requerimientos deseados. De igual forma dentro de la tabla se encuentran valores estequiométricos que se puede manipular de acuerdo al régimen de funcionamiento. Normalmente se

requiere de mayor cantidad de combustible para el arranque, luego en marcha normal una mezcla de 14,7 y en altas una mezcla rica para incrementar potencia.

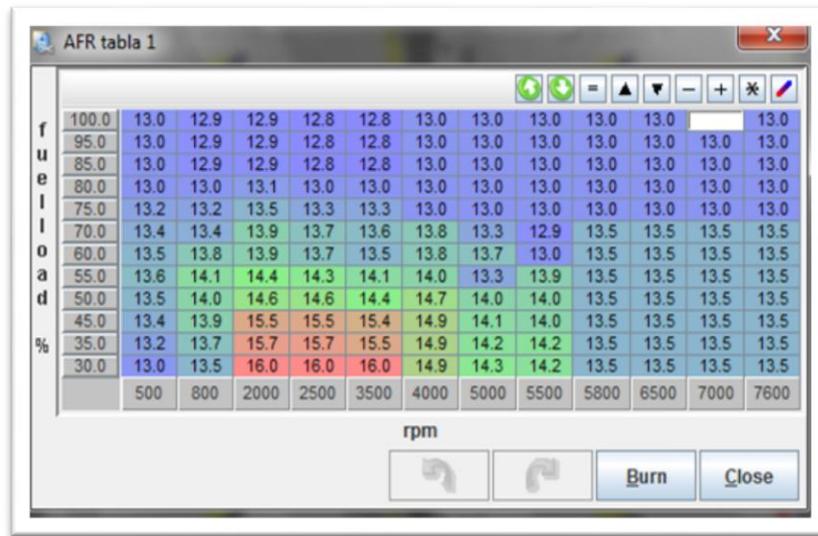


Figura 4.17: Tabla de reglaje de lambda.

Todos los valores que aparecen en la tabla se pueden cambiar con solo dar clic en uno de ellos que se pretenda cambiar.

4.1.5.2 Mapa AFR (relación de aire combustible)

Este es un mapa de tres dimensiones, el eje “x” muestra los valores de las rpm, el eje “y” indica la relación de mezcla AFR y el eje “z” informa sobre la presión absoluta.

Este mapa nos indica el estado actual de la mezcla, en ese punto de funcionamiento del motor de igual forma que en las tablas se puede variar la mezcla de aire según convenga, esto se logra manipulando los picos del mapa en la zona a cambiar, el mapa lo construyen los valores de la tabla es decir si se cambia los valores en el mapa se alteran los de la tabla y viceversa, es decir la mezcla se puede calibrar manipulando cualquiera de las dos opciones.

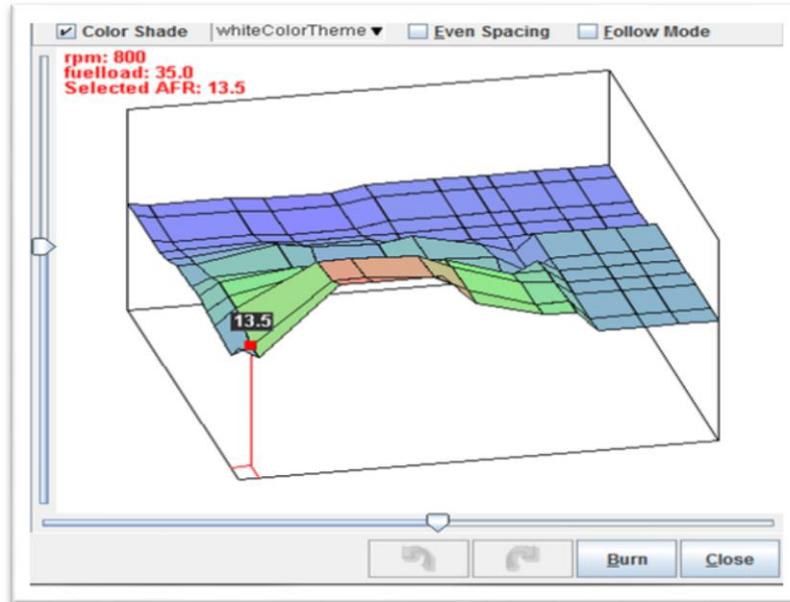


Figura 4.18: Mapa de reglaje de lambda.

4.1.5.3 Tabla y Mapa de Volumen de Eficiencia (VE)

Los valores de **VE** son los más importantes para un buen rendimiento del motor, es el parámetro principal de calibración, la tabla y el mapa permiten ajustar el porcentaje de combustible en función de las rpm del motor y la presión absoluta. Para ello se procede de idéntica forma que en la tabla de AFR.



Figura 4.19: Tabla de reglaje de volumen de eficiencia.

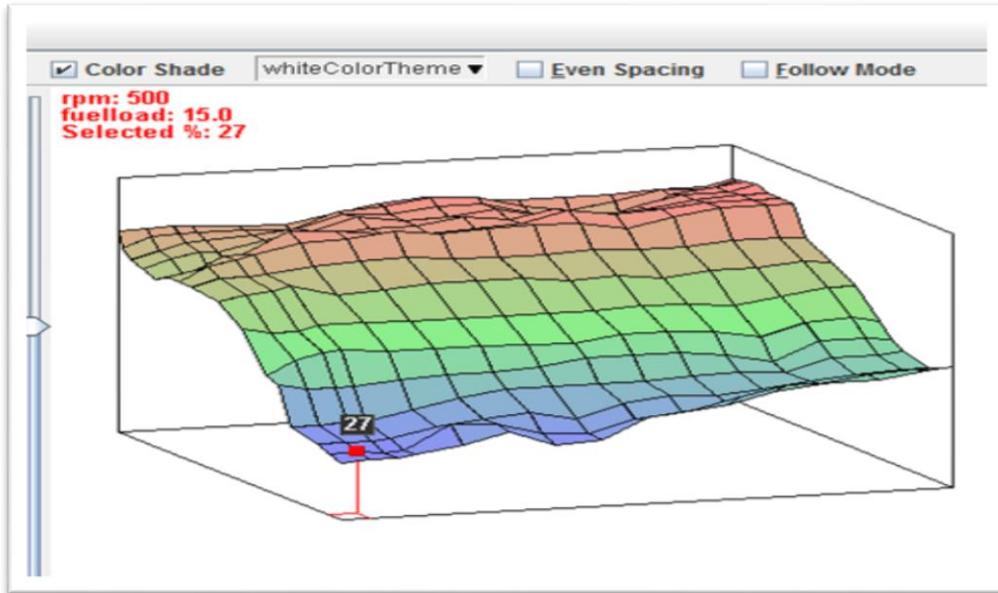


Figura 4.20: Mapa de reglaje de volumen de eficiencia.

4.1.5.4 Tabla y Mapa de Encendido

En ellos se puede calibrar el avance al encendido y se establece en función de la presión absoluta y las rpm del motor. Se pueden manipular todos los valores, en bajas revoluciones el adelanto al encendido es de 10° y se va incrementando progresivamente hasta o los 35° en altas revoluciones, los cambios se efectúan de idéntica manera que en las tablas anteriores.

Tabla 1 avance de chispa

i n l o a d %	100.0	10.0	10.0	25.0	25.0	25.0	35.1	35.1	35.1	35.0	35.0	38.0	38.0
	90.0	10.0	10.0	25.0	25.0	25.0	35.1	35.1	35.1	35.0	35.0	38.0	38.0
	80.0	11.0	11.0	25.0	25.0	25.0	35.1	35.1	35.1	35.0	35.0	35.0	35.0
	70.0	11.0	11.0	25.0	25.0	25.0	35.1	35.1	35.1	35.0	35.0	35.0	35.0
	60.0	11.0	10.0	25.0	25.0	25.0	37.2	35.4	35.6	35.6	35.6	35.6	35.6
	50.0	11.0	10.0	13.1	25.0	25.0	37.0	37.5	37.5	37.5	38.0	38.0	38.0
	45.0	10.0	10.0	10.0	25.0	25.0	36.0	36.6	37.2	37.5	37.5	37.5	37.5
	40.0	10.0	10.0	10.0	25.0	25.0	36.0	36.8	37.4	37.4	37.6	37.6	38.0
	35.0	10.0	10.0	10.0	25.0	25.0	36.4	37.0	37.0	37.5	37.5	38.0	38.0
	30.0	10.0	10.0	10.0	25.0	25.0	36.8	37.0	37.5	37.5	38.0	38.0	38.0
25.0	10.0	10.0	10.0	25.0	25.0	37.0	37.0	37.0	37.5	38.0	38.0	38.0	
20.1	10.0	10.0	10.0	25.0	25.0	37.5	37.0	37.5	38.0	38.0	38.0	38.0	
	701	900	1200	1500	2000	2600	3100	3700	4300	4900	5400	7500	
	rpm												

Figura 4.21: Tabla de reglaje de adelanto al encendido.

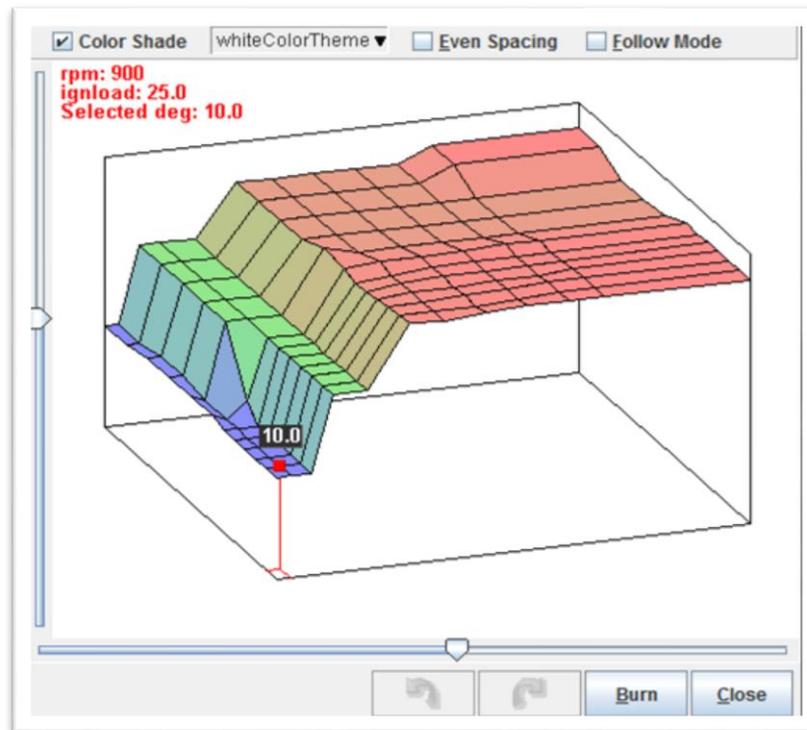


Figura 4.22: Mapa de reglaje de adelanto al encendido.

Nota.-Para guardar los cambios de los ajustes y calibraciones se debe hacer clic sobre el botón burn de cada ventana. Luego de realizar toda la programación se guarda el proyecto en la ECU para ello presionamos archivo guardar tune y la Megasquirt queda configurada con esos datos.

Siempre se abrirá con esa configuración a menos que creamos otro proyecto, en ese caso se puede elegir el proyecto con el que se desea abrir la ECU.

4.2 Pruebas de Funcionamiento de los elementos de la inyección MPFI

Las pruebas de funcionamiento de los elementos del sistema de inyección, se realizan con el motor encendido, para este fin se utilizan los indicadores del Tuner Estudio. Para seleccionar uno de éstos que nos permita visualizar en la pantalla, se hace clic derecho sobre uno de los existentes, y nos permitirá escoger algunas plantillas, y a su vez al elegir una de ellas se despliega una nueva ventana con una serie de indicadores entonces se elige el que se desee.



Figura 4.23: Ventanas para seleccionar indicadores.

4.2.1 Prueba de Funcionamiento de Sensores

El software de análisis posee indicadores para cada uno los sensores, en estos se ve las señales que ellos emiten, si en un indicador no funciona o se encuentra loco, posiblemente no funcione correctamente ese sensor, existen problemas de ajuste o conexiones eléctricas.

4.2.1.1 Prueba de Funcionamiento del MAP

El funcionamiento del MAP se lo puede observar en el indicador de presión del software, en él se puede ver claramente la variación de la presión que existe en el múltiple, al acelerar y desacelerar el motor, que es la señal que el sensor se encarga de enviar a la ECU. En nuestro caso, el MAP funciona correctamente, las presiones que muestra el indicador son correctas.

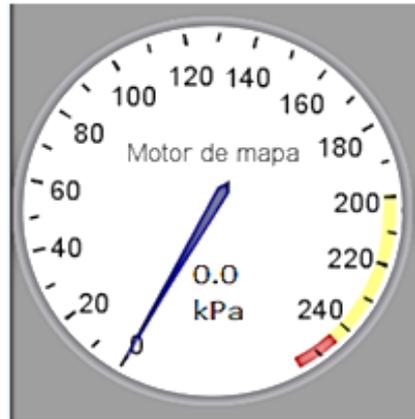


Figura 4.24: Indicador del sensor MAP.

4.2.1.2 Prueba de Funcionamiento del Sensor IAT Y CTS

De igual manera los indicadores de temperatura del software nos muestran la temperatura de funcionamiento del motor, estos coinciden con los indicados en el tablero, la temperatura va aumentando progresivamente según se calienta el motor esto indica que los sensores funcionan correctamente.

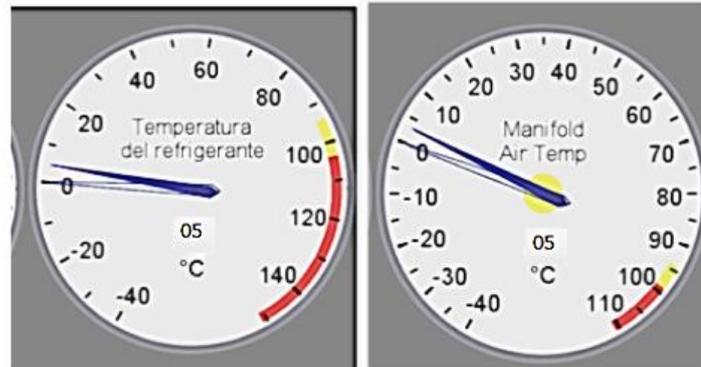


Figura 4.25: Indicadores de temperatura del motor.

4.2.1.3. Prueba de Funcionamiento del Sensor TPS

El funcionamiento de este sensor se visualiza claramente en el indicador, pues, la aguja del indicador varía su posición según se acelere o desacelere el motor.



Figura 4.26: Indicador de posición de la mariposa de aceleración.

4.2.1.4 Prueba de Funcionamiento del Sensor Lambda

El indicador del sensor lambda muestra la relación aire combustible, estos valores son exactamente iguales a los que nos indican los mapas y tablas del software, y, a los que se obtienen con un analizador de gases. Por tanto las señales que emite el sensor a la ECU son correctas.

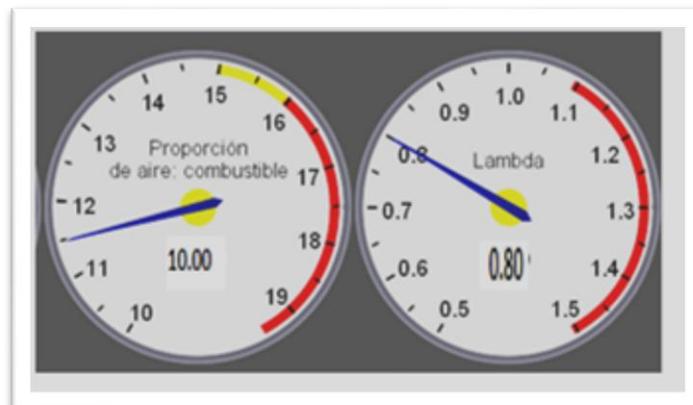


Figura 4.27: Indicadores del sensor lambda.

4.2.1.5 Prueba de Funcionamiento del Sensor CKP

Al encender el motor o al girar la polea del cigüeñal inmediatamente el CKP envía una señal de movimiento a la ECU, en el indicador de rpm nos enseña cuales son las revoluciones del motor al acelerar y desacelerar. Para que el motor se encienda este sensor tiene que funcionar correctamente.



Figura 4.28: Indicador de rpm del motor.

4.2.2 Pruebas de Funcionamiento de Inyectores

El funcionamiento de los actuadores se puede comprobar al desactivar el banco de inyectores, o al desconectar las uniones eléctricas que van a los inyectores, esto nos permite escuchar y constatar que el motor comienza a fallar, además se puede ver en los indicadores los pulsos de inyección y la carga del inyector.



Figura 4.29: Indicadores de inyección.

4.2.3 Indicadores de Encendido

Además de los indicadores antes descritos, Tuner Estudio nos da la posibilidad de tener otros adicionales, que muestran el adelanto al encendido, carga de la batería entre otros.



Figura 4.30: Indicadores de encendido.

Además de todas estas opciones el software cuenta con osciloscopio que permite ver las curvas de funcionamiento de todos los elementos, para acceder a ello solo es necesario dar clic en la pestaña diagnóstico y escogemos el elemento a analizar.

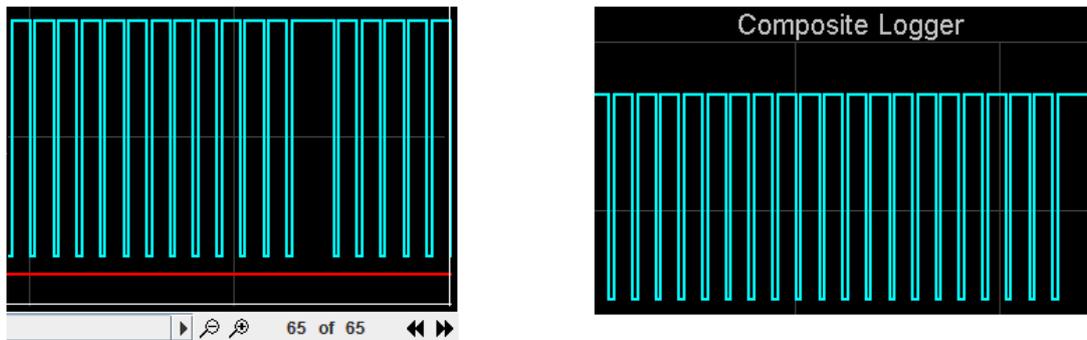


Figura 4.31: Osciloscopio del funcionamiento de elementos de inyección.

Nota: El Tuner Estudio es el escáner del sistema de inyección a través de este se puede ver las anomalías del sistema, regular y ajustar todos los elementos y parámetros de inyección, se puede variar lo que se desea a conveniencia, sin embargo hay que tener conocimiento en el manejo del software, ya que se podría dañar los elementos o incluso el motor al ingresar datos no adecuados o acordes a la realidad de los mismos.

4.3 Pruebas de Rendimiento del Motor con el Sistema de Alimentación MPFI

La variación del rendimiento del motor se puede determinar al realizar pruebas de consumo, potencia, rpm y emisiones contaminantes. Cabe mencionar que al manipular los datos ingresados a la ECU, los valores de rendimiento del motor se alteraran, como este proyecto se realizó en una maqueta para prácticas de laboratorio, siempre se estará experimentando por lo que estos datos no serán

constantes, sin embargo para realizar las pruebas se calibró el motor tratando que sea lo más eficiente posible.

4.3.1 Prueba de rpm

Esta prueba se realizó con el motor encendido, el número de rpm podemos visualizar tanto en el indicador de velocidad del Tuner Estudio como en el tacómetro del motor, con la calibración actual se tuvo los siguientes resultados:

- En ralentí con un motor muy estable se tiene 900 rpm
- A máxima aceleración se alcanza hasta 6000 rpm, esto debido a que la ECU está programada para que corte la inyección si el motor supera estas revoluciones, con el fin de precautelar daños en el motor. Se puede alcanzar mayores revoluciones incluso se lo puede partir al motor todo depende de la calibración del porcentaje de combustible (tablas VE y AFR).



a) Prueba de ralentí

b) Prueba de máximas rpm

Figura 4.32: Pruebas de rpms.

4.3.2 Prueba de Emisiones Contaminantes

Tuner Estudio en su indicador de AFR gracias al sensor de oxígeno nos permite conocer exactamente cuál es el valor de lambda como resultado de la combustión, además se utilizó un analizador de gases, para corroborar en la lectura de los resultados.



Figura 4.33: Pruebas de emisiones contaminantes.

rpm	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	NO _x (%)	Valor λ
(900)	2,20	7,90	510	4,21	1,022
3000	3,68	8,21	645	2,92	0,923

Tabla4.1: Resultados de emisiones contaminantes.

Las pruebas se realizaron de acuerdo a la norma, en ralentí de (0 -1500)rpm y en una marcha normal promedio (1500- 3000)rpm.

De acuerdo a los resultados, el motor cumple con las normas de emisiones contaminantes, pudiendo pasar la revisión técnica vehicular. Ver tabla C3 del apartado Conclusiones y Recomendaciones y según el anexo 3 y 4 de las normativas de Cuenca Aire).

4.3.3 Prueba de Consumo de Combustible

La prueba se realizó con el motor funcionado en ralentí en las mismas condiciones que cuando el motor tenía alimentación a carburador. Primero se midió la capacidad del tanque de combustible, para ello vaciamos toda la gasolina por el tapón de ingreso de combustible y luego con la ayuda de una probeta llenamos el tanque, para determinar su capacidad y se constató que éste nos permite almacenar 12 litros de combustible.

Luego se dejó el motor funcionando a ralenti (900rpm), por el lapso de una hora. Entonces se procedió a medir la cantidad de combustible consumido en ese instante de tiempo, para ello se midió con la probeta el combustible existente en el depósito luego del funcionamiento, dando como resultado 10,25 litros. Determinando la diferencia entre la cantidad inicial de combustible con la restante después del funcionamiento del motor se constató que se consumieron 1750cm^3 por hora que equivalen a 1,75litros por hora.



Figura 4.34: Pruebas de consumo de combustible.

4.3.4 Prueba de Potencia

A través del software de programación de la ECU (Tuner estudio) se pueden cambiar y manipular de acuerdo a las conveniencias los parámetros de inyección que intervienen en desarrollo de la potencia, esto de acuerdo al propósito en el que se va emplear el motor y a lo que se quiera lograr, es decir para competición a carretera.

Las pruebas de potencia no se la realizó en un banco dinamométrico, por el motivo que no existe uno disponible con los acoples adecuados para un motor en condición de maqueta. Sin embargo para determinar la potencia con la calibración actual del motor se utilizó una formula muy práctica ya descrita en el capítulo II, en el apartado 2.3.3.1, la misma que ha sido determinada por expertos a partir de ensayos en laboratorio, y muy utilizada por especialistas en el diseño de sistemas de inyección y preparación de motores.

Cálculo de potencia del motor a través de formula

$$\text{Pot. (hp)} = \frac{\text{caudal del inyector en } \frac{\text{lb}}{\text{h}} \times \text{N}^{\circ} \text{ de cilindros (\% del ciclo de trabajo)}}{(\text{BSFC})}$$

Dónde:

Tamaño del inyector en lb/h = 14 lb/h (105cm³/mm)

BSFC= consumo específico de combustible que va desde 0,40 a 0,65 [lb/(hp.h)]

En la mayoría de los casos un motor de cuatro tiempos tiene un BSFC de 0,50. Esto significa que el motor va a utilizar 0,50 libras de gasolina por hora para cada hp que produce.

Número de cilindros= 4

Ciclo de trabajo del inyector = es recomendable que el inyector trabaje el 80% de su capacidad para garantizar su vida útil.

$$\text{potencia del motor (hp)} = \frac{14 \text{ lb/h} \times 4(0,8)}{0,50} = 89,6 \text{ hp}$$

Esta sería la potencia máxima que se podría alcanzar con el tipo de inyector utilizado y con un motor en perfectas condiciones, Sin embargo este valor no se alcanza en vista que en el momento de ingresar las características del motor como son caudal de los inyectores y relación de mezcla estequiometría en la programación de la ECU, ésta automáticamente a través de los mapas y tablas regula el porcentaje máximo de combustible que entregarán los inyectores al motor según el número de rpm. Esto se puede apreciar en altas revoluciones cuando el motor desarrolla su máxima potencia el porcentaje de carga no llega al 100% ya que esto implicaría superar las 6000rpm cosa que no se daría ya que la ECU está programada para cortar la inyección cuando se supera ese régimen de funcionamiento para evitar daños considerables en el motor.

Hay que tener presente que es posible alterar los parámetros de los mapas de inyección, que se puede programar para que los inyectores entreguen el 100% de su capacidad de carga en máximas rpm, pero esto implicaría partirlo al motor en vista de que los elementos constructivos no soportarían tal carga; en bajas rpm se podría inyectar el 100% ya que no se alcanzaría gran potencia, pero no tendría

sentido porque el motor sería extremadamente contaminante excepto para el arranque en frío.

Según el mapa de inyección para este tipo de motor con una mezcla estequiométrica de 14,7 a 1 a 6000 rpm la cantidad de caudal inyectado por este tipo de inyectores sería del 70% esto equivale a:

$$14\text{lb/h} \longrightarrow 100\%$$

$$x \longrightarrow 70\%$$

$x = 9.8 \text{ lb/h}$ este sería el valor de caudal inyectado en máximas rpm esto es 6000rpms, con este valor calcularemos la potencia real.

$$\text{potencia real del motor (hp)} = \frac{9,8\text{lb/h} \times 4(0,8)}{0,50} = 62,72 \text{ hp}$$

Podríamos decir que en referencia a la potencia original de los motores A12 se ha logrado el incremento de potencia alrededor de 4hp.

4.4 Conclusión

Luego de haber realizado todas las calibraciones y ajustes del sistema de inyección MPFI el motor funciona correctamente. Al tener una ECU programable permite realizar una serie de ensayos pues a través de los mapas de inyección que dispone el software, se puede adecuar el motor con el fin que uno desee. Para hacer el ajuste del motor con la ECU hay que saber manejar y conocer todas las variables que ofrece Tuner Estudio, porque de lo contrario se podría malograr el motor en el intento de perfeccionarlo.

Al realizar las pruebas de funcionamiento se llegó a comprobar que un sistema de inyección es mucho más eficiente que uno a carburador.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

➤ Conclusiones

Una vez culminado con la adaptación del sistema de Inyección electrónica MPFI, en el motor A12, y luego de haber realizado las pruebas que se describieron en el inciso 4.3, podemos manifestar que con este nuevo sistema se redujo el consumo de combustible, se incrementó tanto el número de rpm como la potencia, así mismo se redujo considerablemente las emisiones de gases contaminantes. Con más detalle a continuación se hace un análisis comparativo de estas ganancias entre el antiguo sistema a carburador y el nuevo sistema implementado.

Incremento del Número de Revoluciones en el Motor

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las rpm obtenidas en el motor, esto es con el sistema a carburador y con el sistema a inyección.

Pruebas de rpm	Motor a carburador	Motor a inyección	Resultado
Ralentí	800rpm	900rpm	Con el sistema a inyección se logró 900 rpm en ralentí.
Máximas rpm	5100rpm	6000rpm	

Tabla C1: Comparación de resultados de rpm.

De acuerdo a estos resultados, concluimos que se ha conseguido hacer funcionar al motor a 900rpms en ralentí, con el sistema de inyección implementado. El ralentí se establece en este número, por cuanto al no disponer del motor paso a paso que es la válvula que establece las rpm del motor en ralentí no hay un dispositivo que le informe a la computadora que el motor está caliente y baje las revoluciones decelerando para mantenerlo estable a unas 800 rpm.

Disminución del Consumo de Combustible

Las pruebas realizadas tanto a carburador, como con el nuevo sistema incorporado y descrito en, 2.2.3 y 4.3.3 respectivamente, se detallan en la siguiente tabla.

	Consumo de combustible en ralentí en litros por hora	Resultados
Motor a carburador	2,2litros	El consumo de combustible se redujo en 0,45 litros por hora con el sistema de inyección
Motor a inyección	1,75litros	

Tabla C2: Consumo de combustible.

De acuerdo a la tabla, el sistema a inyección resultó ser más eficiente que el sistema a carburador, pues con el sistema de inyección se logró disminuir 0,45 litros de consumo de combustible por cada hora y en las mismas condiciones, esto quiere decir que con el nuevo sistema se economiza 20,5% de combustible por cada hora, funcionando en las mismas condiciones que con el motor a carburador.

Disminución de Gases Contaminantes del Motor

Las pruebas iniciales de análisis de gases con el motor a carburador, (ver cap. II tabla 2.3), indicaron que el porcentaje de CO era mayor a lo que establece la norma INEN, mientras que las pruebas que se realizaron en el motor con el sistema de inyección, los valores están por debajo de los valores límites de la norma **INEN 2 204:02**. (Ver tabla 4.1 vs tabla C3), lo cual indica una importante mejora en cuanto a emisiones de gases contaminantes.

GESTION AMBIENTAL. AIRE. VEHICULOS AUTOMOTORES. LIMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MOVILES TERRESTRES DE GASOLINA NORMA INEN 2 204:02						
Año modelo	% CO		ppm HC *		% CO ₂	
	0 – 1500	1500 – 3000	0 – 1500	1500 – 3000	0 – 1500	1500 – 3000
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200	13	17
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750		
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200		

Tabla C3: Tabla de emisiones contaminantes norma INEN 2 204:02.
A continuación se muestra un análisis comparativo de emisiones contaminantes entre los dos sistemas de alimentación.

Tabla Comparativa de Emisiones Contaminantes						
	% CO		ppm HC		% CO ₂	
	0 – 1500	1500 – 3000	0 – 1500	1500 – 3000	0 – 1500	1500 – 3000
Motor a carburador	6,32	7,28	489	626	10,37	8,50
Motor a inyección	2,20	3,68	510	645	7,90	8,21
Norma INEN 2 204:02	3,5	4,5	650	750	13	17

Tabla C4: Tabla comparativa de resultados de emisiones contaminantes.

De acuerdo a la tabla mostrada, se puede concluir que el motor a inyección cumple con todos los parámetros de emisiones que exige la Norma 2204:02, todos los valores están dentro del rango permisible. Sin embargo como indica la tabla, los valores de HC son elevados pues esto se debe en principio a las condiciones del motor como características constructivas de sus elementos, la relación de

compresión, tiempo de encendido y no dispone de un catalizador, así mismo como se puede ver en el capítulo 2 en la tabla 2.2 la compresión de cada cilindro es baja en un promedio de 116 en cada cilindro, bajo para un motor a inyección.

Prueba de Potencia

En el sistema a carburador se tomó como datos la potencia máxima que puede desarrollar este motor según su fabricante, mientras que para el sistema a inyección se utilizó una fórmula práctica que la utilizan especialistas en la elaboración de sistemas de inyección y preparación de motores. La siguiente tabla indica estos valores de potencia.

	Potencia del motor
Motor a carburador	58 hp dato del fabricante
Motor a inyección	62,72 hp

Tabla C5: Tabla de resultados de potencia.

Con este sistema de inyección se podría aumentar la potencia del motor alrededor de 4 a 5 hp a un régimen de funcionamiento máximo de 6000rpm, teniendo un caudal de inyección de combustible determinado en los mapas de inyección del 70%.

➤ Recomendaciones

- Para implementar un sistema de alimentación a inyección en un motor a carburador, es necesario que este se encuentre en buenas condiciones constructivas como de funcionamiento.
- Hay que seleccionar los elementos idóneos para sistema de inyección, esto es de acuerdo a las características constructivas y carga del motor como son cilindrada y potencia.
- Para no tener inconvenientes en la instalación y programación del sistema de inyección es necesario conocer a cabalidad todos los aspectos técnicos de funcionamiento de los componentes empleados.

- La programación y calibración de la ECU hay que realizarla sin sobrepasar la capacidad de rendimiento del motor es por ello que se necesita tener un conocimiento avanzado en sistemas de inyección.
- Se debe instalar componentes de protección como relés y fusibles que precautelen los elementos de inyección.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias Bibliográficas

- BOSCH Robert, Manual de la Técnica del Automóvil, 2da Edición, Editorial Reverte, España, 2001.
- HERMÓGENES, MARTÍNEZ Gil, La Electrónica en el Automóvil, 1ra Edición, Editorial Cultural S.A Madrid España, 2004
- HERMÓGENES, MARTÍNEZ Gil, Manual del Automóvil “Reparación y Mantenimiento”, 1ra Edición, Editorial Cultural S.A Madrid España, 2002.
- PÉREZ ALONSO José Manuel, Técnicas del Automóvil, Inyección de Gasolina y Dispositivos Anticontaminantes, 2da Edición, Editorial Thomson Paraminfo, 2002.
- SANTANDER, Jesús, Técnico en Mecánica Electrónica, Colombia, Diseli, 2003.
- SANTANDER, RUEDA Jesús. Manual de Técnico de Fuel Injection, 3ra.Edicion, España, Diseli, 2006.
- SERRANO, Efrén, Sistemas de Inyección Electrónica de Gasolina, 1ra Edición, Editorial América del Ecuador, 2002.
- WATSON, Ben, Manual de fuel Inyección, 1era edición, Editorial Limusa México, 2001
- WILLIAM B, Ribbens, Electrónica Automotriz, 1era Edición, Editorial Limusa México, 2007.
- ZABLER , Erich Et Al, Los Sensores en el Automóvil , 1ra Edición , Editorial Bosch, 2002

Referencias Electrónicas.

- <http://www.mecanicavirtual.com.ar/2010/01/carburador.html>
Fecha de modificación sábado, 07 de enero de 2012 16:34:41
Mecánica virtual: carburador, en esta página se detalla el funcionamiento y constitución de un carburador, además indica los tipos existentes.
- <http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>
Fecha de modificación sábado, 03 de septiembre de 2011 11:51:11
Aficionados a la mecánica, a través de sus gráficos indica el funcionamiento del carburador en cada régimen.
- <Http://mecatronic-mecatronica.blogspot.com/>
Fecha de modificación jueves, 21 de abril de 2011 14:21:45
Mecatronic-mecatronica, explica el funcionamiento de un sistema de inyección, a más de ello hace una clasificación de los tipos de inyección electrónica.
- <http://www.oocities.com/mecanicoweb/12.htm>
Fecha de modificación miércoles, 01 de febrero de 2012 12:46:05
Mecanicoweb - Oocities, sitio de mecánica automotriz dónde se encuentra información de sistemas de inyección, en este caso las características de funcionamiento de la unidad de control ECU.
- <http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=sensorMap>
Fecha de modificación lunes, 09 de enero de 2012 19:04:00
Mecanicafacil.info, muestra artículos de inyección electrónica, detallando el funcionamiento y clasificación de sus componentes como el sensor MAP.
- <http://www.youtube.com/watch?v=GcMqMIDwImQ>
Fecha de modificación lunes, 09 de enero de 2012 19:05:14
Sensores del sistema de inyección electrónica (parte 1), Video que habla e ilustra el funcionamiento de todos los sensores de un sistema de inyección electrónica.

- http://www.mecanicadeautos.info/index.php?id=Sensor_MAF_de_Flujo_de_Aire
Fecha de modificación lunes, 09 de enero de 2012 19:05:46
Mecanicadeautos.info, documentos técnicos, sobre el motor del automóvil, mecánica e inyección electrónica etc.
- <http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=sensorTemperaturaAire>
Fecha de modificación lunes, 09 de enero de 2012 19:06:10
Mecanicafacil.info, muestra artículos de inyección electrónica, detallando el funcionamiento y clasificación de sus componentes como el sensor de IAT.
- <http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=sensorTemperaturaMotor>
Fecha de modificación_miércoles, 01 de febrero de 2012 11:13:13
Mecanicafacil.info, muestra artículos de inyección electrónica, detallando el funcionamiento y clasificación de sus componentes como el sensor CTS.
- <http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=sensorTps>
Fecha de modificación_lunes, 09 de enero de 2012 19:07:15
Mecanicafacil.info, muestra artículos de inyección electrónica, detallando el funcionamiento y clasificación de sus componentes como el sensor TPS.
- <http://www.youtube.com/watch?v=F9ZIO7b12Pw>
Fecha de modificación_lunes, 09 de enero de 2012 19:08:02
Sensores del sistema de inyección electrónica (parte 2), Video que habla e ilustra el funcionamiento de los sensores de un sistema de inyección electrónica.
- <http://www.automotriz.net/tecnic/sensor-de-oxigeno.html>
Fecha de modificación domingo, 28 de mayo de 2006 15:13:30
Es un documento técnico, que enfoca todos los aspectos técnicos de funcionamiento del sensor de oxígeno.
- <http://www.automotriz.net/tecnic/conocimientos-basicos-08.html>
Fecha de modificación domingo, 28 de mayo de 2006 14:39:09
Página de conocimientos básicos del sistema de alimentación de combustible.

- <http://www.tallervirtual.com/2008/02/20/filtro-de-gasolina/>
Fecha de modificación lunes, 09 de enero de 2012 14:34:58
Explica el funcionamiento de un filtro de combustible, características y los tipos existentes.
- <Http://www.automotriz.net/tecnica/bombas-gasolina-electricas.html>
Fecha de modificación_domingo, 28 de mayo de 2006 14:37:36
Indica el Funcionamiento de la bomba de combustible, pruebas, diagnósticos
y precauciones que se deben tomar en cuenta al trabajar con este delicado componente.
- http://www.howstuffinmycarworks.com/Regulador_de_combustible.html
Fecha de modificación lunes, 09 de enero de 2012 19:10:27
Indica cómo funciona el regulador de combustible en los sistemas de inyección electrónica.
- <http://www.tuningarea.com/motor/filtros-de-aire-su-funcion/>
Fecha de modificación lunes, 09 de enero de 2012 18:19:33
Detalla la función de infiltrado de aire.
- http://www.todomotores.cl/competicion/multiple_admision.htm
Fecha de modificación sábado, 24 de diciembre de 2011 21:10:14
Contiene Información técnica sobre múltiples de admisión para motores automotrices.
- <http://sistemampfigasolina.blogspot.com/>
Fecha de modificación jueves, 07 de julio de 2011 21:31:54
Explica el funcionamiento de un sistema de inyección Mphi, con los elementos de alimentación.
- http://www.youtube.com/watch?v=mUnJ0JKz_rc
Fecha de modificación lunes, 09 de enero de 2012 19:12:39
Video de inyección de combustible, explica el funcionamiento y características de los actuadores.

- <http://www.microcaos.net/ocio/ventajas-de-los-sistemas-de-inyeccion>
Fecha de modificación, viernes, 06 de enero de 2012 14:26:38
Indica y detalla las ventajas del sistema de inyección sobre la carburación.
- <http://www.autopasion18.com/HISTORIA-NISSAN.htm>
Fecha de modificación martes, 18 de agosto de 2009 6:17:41
Página de Nissan, indica la historia y evolución de estos automotores.
- http://www.itqb.unl.pt/~dfb/datsun1200/work_es.pdf
Fecha de modificación lunes, 09 de enero de 2012 19:05:46
Manual de servicios DE OTORES NISSAN DE series A10, A12.
- <http://www.nipponpower.com.mx/foro/archive/index.php/t-94820.html>
Fecha de modificación lunes, 09 de enero de 2012 19:20:29
Indica como calcular el cantidad o caudal de combustible en un sistema de inyección: Inyectores y bomba
- <http://www.crespocompeticion.com/Accesorios/Paginas/Inyectores.htm>
Fecha de modificación domingo, 10 de noviembre de 2002 14:50:21
Muestra tablas de caudal de inyector, sus características y proveedores, a más de ello cálculos del caudal de inyección.
- <http://es.scribd.com/doc/57413225/TRABAJO-DE-AIRE-DE-GASES>
Fecha de modificación lunes, 01 de FEBRERO de 2012 12:44:14
Detalla las características y normas ambientales de los gases contaminantes.

ANEXOS

Anexo 1

Resultados de las Pruebas de Emisiones Contaminantes del Motor a Carburador

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ LABORATORIO: DIAGNÓSTICO DE MOTORES			
Cliente:	Pablo, G-Jorge .O	Matrícula:	---
Calle:	Hernán Malo & 24 de Mayo	Fabricante:	NISSAN A12
Ciudad:	Cuenca	Modelo:	1993
Teléfono:	094833079	Kilometraje:	000000000
Medic. del 09.06.2011 12:24 Hora		Fecha 09.06.2011 Hora 12:42	
Resultados del Analizador de Gases			
	Medición 1	Medición 2	
CO	5,00	7,28	%Vol
CO ₂	10,37	8,50	%Vol
CO corregido	6,32	7,28	%Vol
HC	489	626	ppm
O ₂	0,91	1,92	%Vol
NO _x	—	—	ppm
Lambda	0,873	0,843	
RPM	0	0	min ⁻¹
Temp. Aceite	0	0	°C
PRUEBA DE GASES			

Anexo 2

Resultados de las Pruebas de Emisiones Contaminantes del Motor a Inyección.

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
 FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ
 LABORATORIO: DIAGNÓSTICO DE MOTORES



Cliente: Pablo G. Jorge O.	Matrícula: —
Calle: Hernán Maíz B. 24 de Mayo	Fabricante: NISSAN 4112
Ciudad: Cuenca	Modelo: 1993
Teléfono: 0940130030	Kilometraje: 0000000000
Medic. del 18.10.2011 17:31 Hora	Fecha 18.10.2011 Hora 17:47

Resultados del Analizador de Gases

	Medición 1	Medición 2	
CO	2,24	3,94	%Vol
CO ₂	7,90	8,21	%Vol
CO corregido	2,20	3,68	%Vol
HC	510	645	ppm
O ₂	4,21	2,92	%Vol
NO _x	—	—	ppm
Lambda	1,022	0,923	
RPM	0	0	min ⁻¹
Temp. Aceite	0	0	°C

PRUEBA DE GASES

Anexo 3

CORPORACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL AIRE DE CUENCA

DESCRIPCIÓN UMBRAL	AÑO MODELO	CALIFIC. TIPO	UMBRAL / RANGO	UNIDAD	CÓDIGO DEL DEFECTO DUAL	CATEGORÍA DE VEHICULO
INTENSIDAD FARO CONDUCTOR	Todos	0	$X \leq 135$	Lux	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
INTENSIDAD FARO CONDUCTOR	Todos	1	$135 < X \leq 155$	Lux	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
INTENSIDAD FARO CONDUCTOR	Todos	2	$X > 155$	Lux	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
RUIDO						
NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE	Todos	0	$0 \leq X \leq 78$	dBA	NULL	TODOS
NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE	Todos	1	$78 < X \leq 85$	dBA	NULL	TODOS
NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE	Todos	2	$85 < X \leq 90$	dBA	NULL	TODOS
NIVEL DE RUIDO EN EL ESCAPE	Todos	3	$X > 90$	dBA	NULL	TODOS
EMISIONES						
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$x \geq 2000$	0	$0 \leq X \leq 200$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$x \geq 2000$	1	$200 < X \leq 300$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$x \geq 2000$	2	$300 < X \leq 400$	(ppm)	9150105	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$x \geq 2000$	3	$X > 400$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$1990 \leq X \leq 1999$	0	$0 \leq X \leq 750$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$1990 \leq X \leq 1999$	1	$750 < X \leq 850$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$1990 \leq X \leq 1999$	2	$850 < X \leq 1000$	(ppm)	9150105	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$1990 \leq X \leq 1999$	3	$X > 1000$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$x \leq 1989$	0	$0 \leq X \leq 1200$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$x \leq 1989$	1	$1200 < X \leq 1400$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$x \leq 1989$	2	$1400 < X \leq 1800$	(ppm)	9150105	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	$x \leq 1989$	3	$X > 1800$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA - MOTO	Todos	0	$0 \leq X \leq 2000$	(ppm)	NULL	MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA - MOTO	Todos	1	$2000 < X \leq 4000$	(ppm)	NULL	MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA - MOTO	Todos	2	$X > 4000$	(ppm)	9150105	MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$x \geq 2000$	0	$0 \leq X \leq 200$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$x \geq 2000$	1	$200 < X \leq 300$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$x \geq 2000$	2	$300 < X \leq 400$	(ppm)	9150105	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$x \geq 2000$	3	$X > 400$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$1990 \leq X \leq 1999$	0	$0 \leq X \leq 750$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$1990 \leq X \leq 1999$	1	$750 < X \leq 850$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$1990 \leq X \leq 1999$	2	$850 < X \leq 1000$	(ppm)	9150105	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$1990 \leq X \leq 1999$	3	$X > 1000$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$x \leq 1989$	0	$0 \leq X \leq 1200$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$x \leq 1989$	1	$1200 < X \leq 1400$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$x \leq 1989$	2	$1400 < X \leq 1800$	(ppm)	9150105	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	$x \leq 1989$	3	$X > 1800$	(ppm)	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA - MOTO	Todos	0	$0 \leq X \leq 2000$	(ppm)	NULL	MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA - MOTO	Todos	1	$2000 < X \leq 4000$	(ppm)	NULL	MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA - MOTO	Todos	2	$X > 4000$	(ppm)	9150105	MOTOS
MONÓXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	$x \geq 2000$	0	$0 \leq X \leq 1$	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONÓXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	$x \geq 2000$	1	$1 < X \leq 1,2$	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONÓXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	$x \geq 2000$	2	$1,2 < X \leq 1,5$	%	9150105	TODOS EXPT. MOTOS

Anexo 4

CORPORACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL AIRE DE CUENCA

DESCRIPCIÓN UMBRAL	AÑO MODELO	CALIFIC. TIPO	UMBRAL / RANGO	UNIDAD	CÓDIGO DEL DEFECTO DUAL	CATEGORÍA DE VEHÍCULO
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	x>=2000	3	X > 1,5	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	1990<=X<=1999	0	0<= X <=4,5	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	1990<=X<=1999	1	4,5< X <=5,5	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	1990<=X<=1999	2	5,5< X <=7	%	9150105	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	1990<=X<=1999	3	X > 7	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	x<=1989	0	0<= X <=6,5	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	x<=1989	1	6,5< X <=7,5	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	x<=1989	2	7,5< X <=10	%	9150105	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	x<=1989	3	X > 10	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA - MOTO	Todos	0	0<= X <=4	%	NULL	MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA - MOTO	Todos	1	4< X <=8	%	NULL	MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA - MOTO	Todos	2	X > 8	%	9150105	MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	x>=2000	0	0<= X <=1	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	x>=2000	1	1< X <=1,2	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	x>=2000	2	1,2< X <=1,5	%	9150105	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	x>=2000	3	X > 1,5	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	1990<=X<=1999	0	0<= X <=4,5	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	1990<=X<=1999	1	4,5< X <=5,5	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	1990<=X<=1999	2	5,5< X <=7	%	9150105	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	1990<=X<=1999	3	X > 7	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	x<=1989	0	0<= X <=6,5	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	x<=1989	1	6,5< X <=7,5	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	x<=1989	2	7,5< X <=10	%	9150105	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA	x<=1989	3	X > 10	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA - MOTO	Todos	0	0<= X <=4	%	NULL	MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA - MOTO	Todos	1	4< X <=8	%	NULL	MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) ALTA - MOTO	Todos	2	X > 8	%	9150105	MOTOS
OPACIDAD - VEHI. DIESEL	x>=2000	0	0< X <=30	%	NULL	TODOS
OPACIDAD - VEHI. DIESEL	x>=2000	1	30< X <=40	%	NULL	TODOS
OPACIDAD - VEHI. DIESEL	x>=2000	2	40< X <=50	%	NULL	TODOS
OPACIDAD - VEHI. DIESEL	x>=2000	3	X > 50	%	NULL	TODOS
OPACIDAD - VEHI. DIESEL	x<=1999	0	0< X <=40	%	NULL	TODOS
OPACIDAD - VEHI. DIESEL	x<=1999	1	40< X <=50	%	NULL	TODOS
OPACIDAD - VEHI. DIESEL	x<=1999	2	50< X <=60	%	NULL	TODOS
OPACIDAD - VEHI. DIESEL	x<=1999	3	X > 60	%	NULL	TODOS
FRENOS						
DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 1ER EJE	Todos	0	0<= X <=15	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 1ER EJE	Todos	1	15< X <=30	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 1ER EJE	Todos	2	30< X <=40	%	9150101	TODOS EXPT. MOTOS
DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 1ER EJE	Todos	3	X > 40	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 2DO EJE	Todos	0	0<= X <=15	%	NULL	TODOS
DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 2DO EJE	Todos	1	15< X <=30	%	NULL	TODOS EXPT. MOTOS
DESEQUILIBRIO DE FRENADO EN 2DO EJE	Todos	2	30< X <=40	%	9150101	TODOS EXPT. MOTOS

Anexo 5

Características moto Suzuki 1000 (Suzuki GSX-R)	
Tipo de Motor	4 cilindros, 4 tiempos, 16 válvulas DOHC
Cilindrada	999,00 cm ³ .
Diámetro / carrera	73,4 x 59,0 mm
Relación de compresión	12,5: 1
Potencia / R.P.M.	185 CV / 12000rpm
Par / R.P.M.	10.7 kgm / 7000 rpm
Alimentación	Inyección electrónica MPF, toberas de 44mm
Caudal de inyectores	14lb/h (151 cm ³ /min)
Capacidad depósito combustible	17.5 litros

Fuente: <http://www.arpem.com/motos/modelos/suzuki/modelos-07/suzuki-gsx-r-1000.html>